



ANÁLISIS COMPARATIVO DE SISTEMAS DE PILOTAJE PARA GRANDES CARGAS: METROPOL PARASOL

Universidad de Sevilla

Escuela Técnica Superior de Arquitectura



Trabajo realizado por:
Elena Quintero Rodríguez
49105085-Q

Sevilla 2 de Julio de 2015

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	Página 1
2. DESARROLLO	Página 2 - 41
2.1 Conocimiento básico de la zona-proyecto	Página 2 - 9
2.2 Estado actual del proyecto	Página 10 - 14
2.3 Problemática y objetivos	Página 15 - 16
2.4 Datos de cálculo del proyecto	Página 17 - 31
2.5 Datos del análisis - estudio	Página 32 - 37
2.6 Estudio de la nueva cimentación	Página 38 - 39
2.7 Costes de las cimentaciones	Página 40
2.8 Comparación de las diferentes soluciones	Página 41
3. CONCLUSIONES	Página 32 - 44
3.1 Cuadro resumen	Página 42
3.2 Conclusión de la investigación	Página 43
3.3 Diferentes investigaciones futuras posibles	Página 44
4. BIBLIOGRAFÍA	Página 45 - 47

1. INTRODUCCIÓN

Con motivo de ampliación de conocimientos y oportunidades, consideré interesante la realización de un TFG relacionado con conceptos de cimentaciones, un aspecto fundamental en la arquitectura y de escaso conocimiento a lo largo de su carrera.

Si nos remontamos unos años atrás, a mediados del año 2010 se finalizan las obras de un proyecto regenerador en la ciudad de Sevilla, el conocido Metropol Parasol. A pesar de la gran monumentalidad de esta construcción y los numerosas disputas en cuestiones como su ubicación, forma, entorno, escala, coste y otros muchos aspectos, nos encontramos ante una nueva arquitectura rompedora de todas las bases de la arquitectura sevillana que, además, desde el momento de su ejecución se ha encontrado ante numerosos imprevistos que han cuestionado su correcta proyección-ejecución.

No solo en la ejecución, sino desde los 15 días después de la finalización de sus obras comienzan a aparecer, y actualmente siguen apareciendo (la última vez en el primer semestre del año 2015), defectos en la construcción de las conocidas “Setas” de Sevilla respecto a las cimentaciones, estructuras y el sobrecoste de las mismas.

Con el objetivo de conocer un proyecto de nueva construcción de la ciudad donde he realizado mi estudio del *Grado en Fundamentos de la Arquitectura [2010-2016]*, y análisis y estudio de los motivos o causas que han llevado a este proyecto, de elevado coste e importancia, a estos numerosos inconvenientes en su construcción, decido centrarme en una investigación de los causantes de dichos defectos y realización de posibles alternativas que no hubieran generado dichos problemas, analizando que opción sería más conveniente, centrándonos en un estudio general del edificio y delimitando su ámbito a la zona de cimentaciones.

El trabajo está desarrollado de forma que **es totalmente necesario su lectura completa** y ordenada, para una comprensión de la evolución del solar-proyecto-ejecución-resultado de la conocida construcción llamada Metropol Parasol.

2 DESARROLLO

2.1 CONOCIMIENTO BÁSICO DE LA ZONA-PROYECTO

2.1.1 LA ENCARNACIÓN

ANTECEDENTES

Tras los conocimientos adquiridos a lo largo del estudio de los 5 años cursados del *Grado en Fundamentos de la Arquitectura [2010-2015]* sabemos que la Plaza de la Encarnación se ha visto alterada urbanísticamente varias veces a lo largo de su historia. Esta debe su nombre al ya desaparecido Convento de la Encarnación, que se encontraba antiguamente en la plaza.



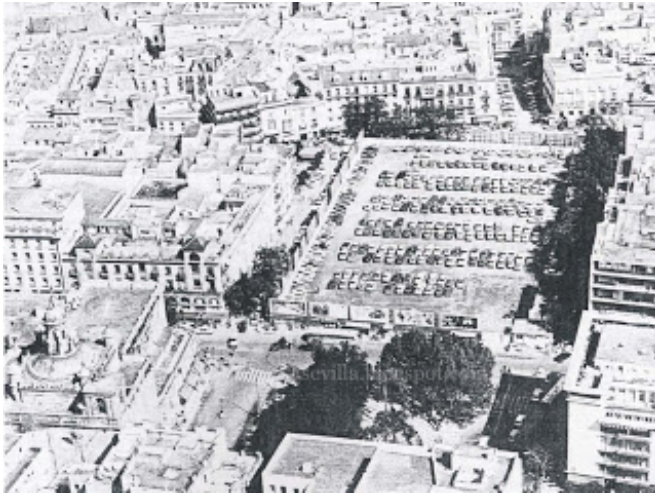
Antiguo Convento de la Encarnación y plaza circular ajardinada.
[Periódico Online ABC-Sevilla; 2010]

El ayuntamiento de Sevilla compró en 1587 varios edificios situados entre la plaza y la calle Laraña para derribarlos y ampliar el espacio, donde se situó la fuente que actualmente existe.



Antiguo Mercado Cubierto
[Periódico Online ABC-Sevilla; 2010]

A principio del siglo XIX se construyó un mercado cubierto. En 1948 se derribó parte de este mercado para ampliar el eje principal de Campana-Osario, derribándose el resto de mercado al cabo de los años, cuando estaba ya en ruinas.



Parking al aire libre – zona en deshuso
[Blog web ESA SEVILLA;2010]

El solar se utilizó durante varios años como aparcamiento en superficie o cochera de autobuses.

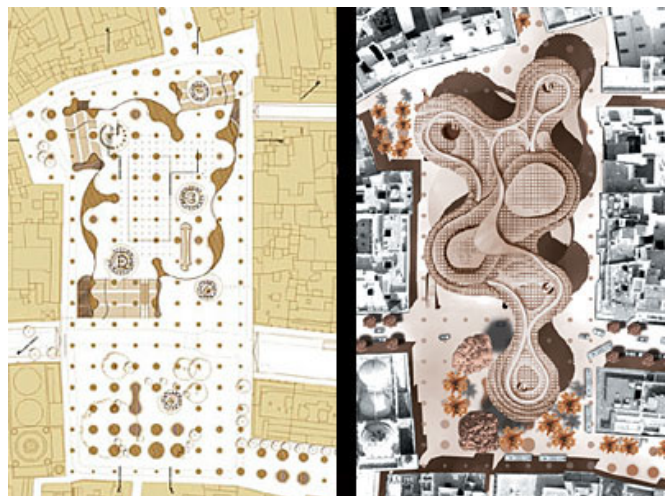
En 2004 se llevó a cabo un concurso de ideas para la rehabilitación de la plaza, que fue ganado por el arquitecto alemán **Jürgen Mayer**, con el proyecto **Metropol Parasol**.

SITUACIÓN

La Plaza de la Encarnación se sitúa en una zona central en la estructura urbana de Sevilla, actuando como conexión entre diferentes áreas de una ciudad originada en la Edad Antigua, que presenta numerosas huellas históricas pertenecientes al patrimonio, solucionando así la falta de continuidad en la zona y la ubicación del mercado de la Encarnación.

Debido a la situación, en un contexto histórico, en el que se encuentra, se sobreentiende que debe tener ciertas restricciones a la hora de alterar la zona, debiendo respetar el entorno y las edificaciones que le rodean con mayor precisión que en otra zona de la ciudad, conservando el patrimonio con el que se encuentre.

Como podemos observar al acercarnos al área la parcela en la que se sitúa el proyecto es de forma irregular. Este se encuentra entre tipologías diferentes de edificaciones como son edificios de viviendas, un jardín público, el lateral de la Iglesia de la Anunciación y los servicios municipales del Ayuntamiento de Sevilla.



Irregularidad de la planta de la Plaza de la Encarnación
[Planimetría PB;2005]

En la *documentación obtenida del proyecto* se observa que la plaza presenta una topografía con una suave pendiente general hacia el Sur con una diferencia de cotas de 1.31 metros en sentido longitudinal. [Anejo A. Planimetría PB; 2005]

HALLAZGOS ARQUEOLÓGICOS

Según la *Memoria descriptiva digital del PB [2005]* y la *propuesta del concurso de ideas*, los restos arqueológicos se incluyen en el proyecto, situándolos dentro de un perímetro delimitado por una pantalla ya existente, a través de los cuales se configurará un centro de interpretación de la influencia de las culturas antiguas sobre la ciudad de Sevilla.

Se realiza en el proyecto una zona restringida destinada a los visitantes que se desarrolla a uno de los laterales de las ruinas en una plataforma.



Fotografía excavaciones arqueológicas en la Plaza de la Encarnación.

[ANTONIO JARAMILLO MORILLA_ETSAS; 2002]

ACTUALMENTE

En el centro de la vida de Sevilla se desarrolla este elemento arquitectónico que alberga diferentes tipos de actividades y usos que, según los *objetivos de las bases del concurso*, actuará como un imán tanto respecto a la economía como a la cultura.

Dicho elemento parecido a una seta “crece” desde las excavaciones históricas a un hito urbano, relacionando la historia con lo contemporáneo.

USOS DEL PROYECTO

Según la información de la *Memoria del PB Metropol Parasol Vol 1 [2005]* el proyecto cuenta con una superficie total de 17.999,329 m², que albergará lo siguiente:

Dentro de la parcela, conforme los objetivos que expone que quería conseguir *Jürgen Mayer* con su propuesta para el concurso, intenta desarrollar la Plaza convirtiéndola en centro urbano. Para ello se establecen diferentes usos culturales, comerciales, deportivos, de recreación y de encuentro con los que se pretende crear una actividad en esta plaza.

En cuanto al uso cultural se conservarán los hallazgos arqueológicos encontrados durante las excavaciones de la obra, incorporándolo en el proyecto, que se situarán en la planta 0.

El uso del Mercado y la vida cotidiana se sitúa en el nivel 1, que activa la vida en la calle. En la planta 2, una plaza situada en altura se pretenden generar actividades culturales, deportivas y de recreación; mientras que en la última planta se realiza el paseo-mirador donde el Parasol se presenta como icono, situando el uso terciario y de ocio.

En el último nivel se realizan diferentes tipos de altura según la importancia del recorrido. La búsqueda de vistas hacia los puntos de interés histórico en la ciudad hacen que el punto más alto se dirija hacia la zona con vistas a la Catedral de Sevilla.

En resumen, y a partir de los datos proporcionados en el *Volumen 1 – Arquitectura de la Memoria del PB [2005]* existen los siguientes niveles:

Plaza 0: el nivel arqueológico.

- Zona arqueológica y de Museo arqueológico: Uso dotacional tipo cultural.
- Zona de carga y descarga e instalaciones: Uso dotacional vinculado al Mercado y a las áreas de ocio.

Plaza 1: el nivel del Mercado

- El Mercado de Abastos como un uso dotacional, un servicio de interés público y social.
- El área Comercial como uso terciario y de ocio.
- Espacios exteriores de toda la Plaza con un uso de espacios libres.

Plaza 2: Plaza elevada

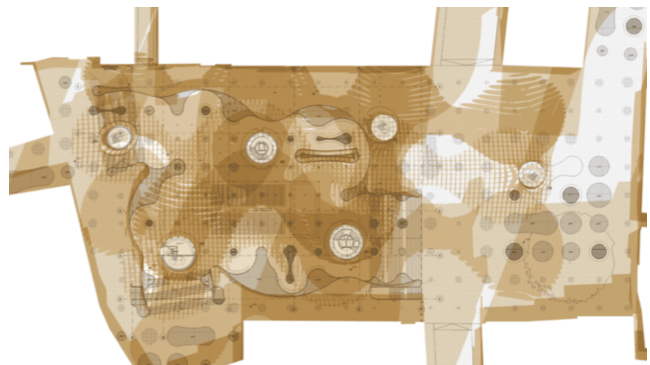
- Espacios exteriores de toda la Plaza con un uso de espacios libres , con la categoría de área de ocio, ya que se quiere complementar con actividades culturales, recreativas y de espectáculos al aire libre o análogas.

Plaza 3: Café panorámico y Mirador

- Restaurante uso terciario y de ocio.
- Paseos en Mirador, uso dotacional tipo cultural.

ESTUDIO DE SOMBRAS

En el *apartado 2 del Vol. 1 de la Memoria del PB [2005]* se realiza el estudio de sombras. En el proyecto encontramos como elemento principal el Metropol Parasol, con el que se transforma el espacio urbano, disponiéndolos de tal forma que generen diferente tipos de zonas soleadas y zonas sombrías proyectadas.



Superposición Estudio de Sombras de Junio
[Vol 1. Memoria PB; 2005]

Tras dicho estudio realizado a partir de tres días del año en diferentes meses en cuatro momentos distintos del día, se genera una superposición analizando las zonas soleadas, permitiendo posicionar así los puntos de vegetación necesarios.

2.1.2 REALIZACIÓN DEL PROYECTO “ASÍ SE HIZO”

Desde la *página web del proyecto de las Setas de Sevilla* se han recogido una serie de imágenes y un resumen de conocimientos con las que se mostrará el proceso a través del cual se ha realizado el proyecto Metropol Parasol, permitiendo un mayor entendimiento del edificio sobre el que se va a investigar.



Ortofoto. Momento de ejecución de obras
[Web de las Setas de Sevilla]

Comenzamos con la observación de la excavación arqueológica, donde se encuentran una serie de restos que se extraerán para su posterior integración con el proyecto, conservándolo de forma que los visitantes puedan conocer el pasado del área.

Según la información obtenida de los diferentes documentos escritos y gráficos y de las explicaciones aportadas por el tutor Antonio Jaramillo, llegamos a un resumen del procedimiento de excavación y cimentación del edificio.

Tras una primera excavación arqueológica se realiza la fase de preparación de los bordes para la ejecución de los muros pantallas que recogen el proyecto.

En la zona donde se hallan los restos arqueológicos se sigue trabajando, extrayendo estos del terreno para realizar la excavación entre los muros pantalla para la realización de las obras de cimentación.



Ejecución Pantallas

[ANTONIO JARAMILLO
MORILLA_ETSAS; 2002]

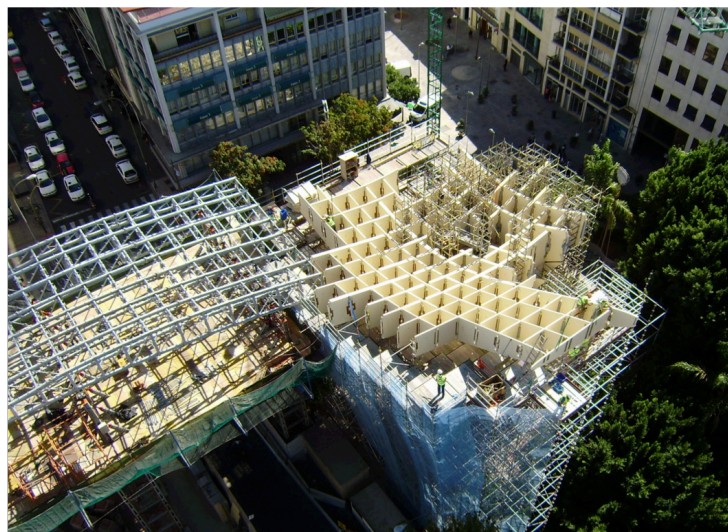
Posteriormente y cumplimentando el procedimiento de ejecución de dichas cimentaciones según la *información teórica recogida en los apuntes de Mecánica del Suelo I [2013]*, en los bordes se realiza el proceso de construcción de los muros pantalla, comenzando a realizar los muretes guía a través de los cuales, con la cuchara, se va a ir extrayendo la tierra a la vez que se ingresa un lodo bentonítico para la contención de tierras. Después de este proceso se coloca la armadura, que se encontraba ordenada en el suelo para su correcta ejecución, y se hormigonará los muros pantalla, de abajo hacia arriba, expulsando a la vez el lodo bentonítico.

Una vez realizado el proceso de cimentación, se realiza la ejecución de la estructura de las famosas setas, con pilares de hormigón y una estructura metálica que irá revestida en laminados de madera, que irá atornillada una a una por una cuadrilla de operarios.



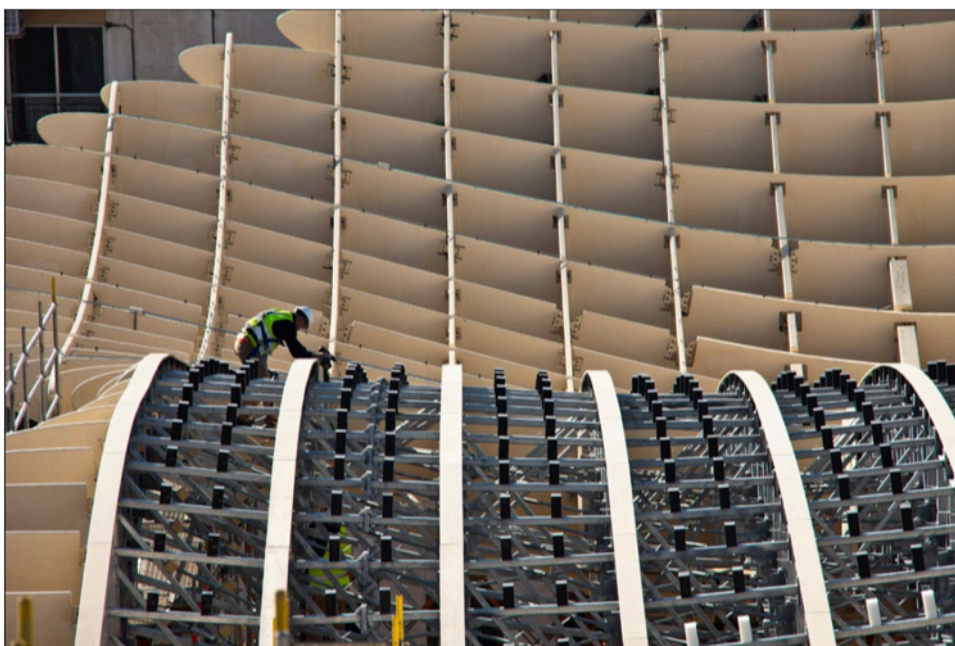
Ejecución estructura de Las Setas

[Web de las Setas de Sevilla]



Ejecución estructura de Las Setas

[Web de las Setas de Sevilla]



Ejecución revestimiento de la estructura de Las Setas

[Web de las Setas de Sevilla]



Ejecución revestimiento de la estructura de Las Setas

[Web de las Setas de Sevilla]

2.2 ESTADO ACTUAL DEL PROYECTO

ESTADO ESTRUCTURAL – CONSTRUCTIVO

Actualmente, y recordando que estamos hablando de un proyecto de concurso de 2004, y construido entre 2005 y 2011, la edificación no se encuentra en buen estado, tan solo 4 años después de la finalización de su construcción, es más, a tan solo 15 días de la finalización de sus obras ya es mencionado en periódicos por tener fallos constructivos.

- El informe técnico concluye que hay fallos constructivos y da 15 días a la constructora y al arquitecto para que aleguen. El Ayuntamiento denunciará



Artículo del periódico Diario de Sevilla [2011]

Nos encontramos ante un proyecto donde el material utilizado para su construcción no es el adecuado para una ciudad con el clima de Sevilla. Los acabados en madera se encuentran



Revestimiento desprendido
[ANTONIO JARAMILLO MORILLA_ETSAS; 2002]

débilmente atornillados a su estructura, pudiéndose observar a simple vista en una foto, dilatándose y contrayéndose debido a los cambios de temperatura tan bruscos a los que se expone en dicha ciudad, separándose de la estructura e incluso, en algunos casos, perdiendo las piezas, pudiendo provocar un accidente.

Tras este tipo de acontecimientos, que se dan desde el primer periodo de subida de temperaturas tras la finalización de la obra, se han visto obligados en numerosas ocasiones a colocar una malla de seguridad bajo la estructura de madera que alberga el paseo – mirador, para evitar daños mayores en los ciudadanos, recogiendo las piezas de madera que se desprendían del proyecto.

Aún así, no solo en épocas de altas temperaturas, el revestimiento de la estructura nunca se ha llegado a restaurar – rehabilitar, quedando siempre a la vista la separación entre las láminas de madera y la estructura metálica, no recogida así en el proyecto.

Por otro lado, el material utilizado para la zona de la plaza, también se encuentra deteriorado, siendo más específicos se encuentra agrietado, en una zona que, por nuestros *conocimientos obtenidos* como casi Arquitectos sobre materiales, construcciones y estructuras, delata un problema estructural.



Encuentro Plaza – Pilares de Hormigón
[ANTONIO JARAMILLO MORILLA_ETAS; 2002]

La estructura del nivel de mercado está realizado a partir de pilares, que descargarán su peso de forma puntual sobre la viga inferior. En la planta inferior a la del mercado, donde se encuentra el área de museo, no se observa el mismo número de pilares que en la anterior mencionada, por lo cual la estructura del mercado no carga siempre sobre los pilares de la planta inferior, ya que hay situaciones en las que estos no existen. [Vol. 2. *Planimetría de la Estructura del PB.*]

Debido a esta tipología de estructura y añadiendo que no está calculada correctamente, conforme *artículos periodísticos de El Mundo y 20 Minutos* y *estudios analizados en el curso con el tutor Antonio Jaramillo [2015]*, encontrando defectos que han surgido como consecuencia de un mal cálculo-ejecución, ocurre lo citado en el siguiente artículo de un periódico de la localidad.

La puerta del **Antiquarium de la Encarnación** que se desplomó sobre cinco mujeres [el pasado 30 de enero](#) ha terminado delatando que, cuando están **a punto de cumplir cuatro años**, las llamadas «Setas» sufren fallos constructivos graves.

Las vigas que soportan la carga de la planta 0, donde se encuentra el mercado, no han sido dimensionadas correctamente por lo cual están sufriendo una deformada mayor a la prevista.

En principio este fallo no causa un accidente estructural que suponga un desplome de la edificación o de parte de ella, pero si ha provocado la rotura de la mencionada puerta de entrada al museo donde se hallan los restos arqueológicos, provocando la lesión de varios ciudadanos. Debido a la deformada de la viga situada sobre la puerta de cristal, realizando sobre ella una sobrecarga, esta ha alcanzado su límite de resistencia llegando a la rotura.

ESTADO FUNCIONAL-VISUAL

En cuanto al estado funcional, no cumple los datos recogidos en la parte de *accesibilidad del CTE*. El proyecto se realizó poco antes del aprobado del CTE, pero ya existía un borrador prácticamente igual, que podrían haber tenido en cuenta.

Un proyecto de uso público, según el *CTE DB-SUA*, no puede restringir el paso a personas con discapacidad, discriminándolos a la hora de ser partícipes en el uso de la edificación.

“1. CONDICIONES DE ACCESIBILIDAD:

Con el fin de facilitar el acceso y la utilización no discriminatoria, independiente y segura de los edificios a las personas con discapacidad se cumplirán las condiciones funcionales y de dotación de elementos accesibles que se establecen a continuación [...].” [CTE DB-SUA. Sección 9: Accesibilidad; Apartado 1, Condiciones de Accesibilidad; 2010]

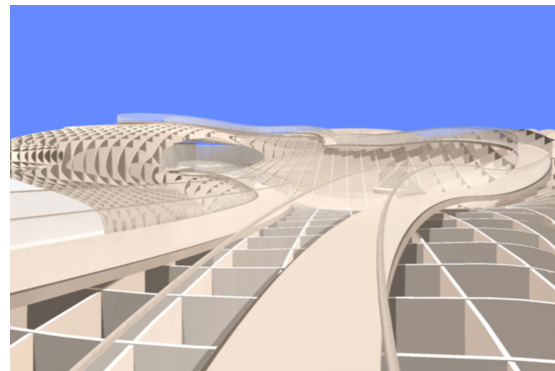


Escaleras de acceso a la Plaza Nivel 1

[Web de las Setas de Sevilla]

Este proyecto cuenta con una plaza en altura, como se observa en la imagen anterior, a la que se accede mediante una escalera, imposibilitando el acceso a personas con movilidad reducida.

De la misma forma, se limita el acceso a la tercera planta, donde se encuentra la cafetería y la zona de recorrido con vistas a la ciudad. El acceso a esta planta se realiza mediante escalera o ascensor, pero el problema aparece una vez que el minusválido se encuentra en la tercera planta, no pudiendo avanzar muchos metros cuando aparece el primer escalón en el recorrido de paseo. A lo largo del recorrido hemos observado la aparición de numerosos escalones que crean esa diferencia de alturas a lo largo de la visita, incumpliendo la normativa de accesibilidad. Cabe mencionar que en la memoria general del proyecto aparece como un paseo sin escaleras, realizado mediante pendientes, que posteriormente no se realiza en la ejecución por no cumplir la pendiente máxima permitida.



Diferencia entre la Accesibilidad del proyecto y de la ejecución.

[Vol 1. Memoria Descriptiva PB; 2005]

Una problemática del proyecto es la cercanía a los edificios colindantes, aún respetando los mínimos exigidos en la normativa actual, que en la fecha de la proyección el edificio no estaba aprobada, para el acceso de transportes de emergencia indicados en el *CTE DB-SUA [2010]*, el proyecto se encuentra muy cercano a los edificios de vivienda ya existentes en la zona, junto con la altura de la plaza y el recorrido, crean una incómoda relación con el interior de las viviendas, obligando a los vecinos a limitar sus actividades en sus propias residencias, encontrándose violentos por su excesiva visibilidad desde Las Setas. Aun que no estuviera aprobada se iba a aprobar meses después, pudiendo haber tenido en cuenta el borrador de la normativa.

En cuanto al estado visual del proyecto, la imagen que crea este proyecto en relación con su entorno, cuyo fin era realizar un centro de actividad que **relacionase y uniese** las diferentes zonas históricas o centrales de Sevilla, es la que percibimos en la siguiente imagen, la cual ha creado bastantes polémicas, encontrándose bastante diferente respecto al concepto de arquitectura habitual de Sevilla



Imagen de Las Setas en su entorno

[Página Web de Las Setas]

2.3 PROBLEMÁTICA Y OBJETIVOS

Ya mencionado el estado actual, tanto estructural como funcional, en el que se encuentra el proyecto de La Encarnación, bastante defectuoso, vamos a dar paso a mencionar otro tipo de problemática, en la que nos vamos a centrar para el estudio y análisis de Las Setas.

En cuanto a la cimentación, los encepados de 9 y 16 pilotes usados en el Metropol Parasol, en función de la información del Ap. 3. *Descripción general de la estructura recogido en el Vol.2 de la Memoria del Proyecto [2005]*, son de un metro de diámetro y han sido ejecutados con bentonita: cuando se realizaba la excavación se rellenaba el hueco con lodo bentonítico.

La longitud media de los pilotes es superior a los 45 metros y se introdujeron en las margas atravesando la capa de zahorras, sin dejar sitio para construir el metro que debería estar previsto en la zona por la *Gerencia de Urbanismo* y las *Bases del Concurso de Ideas*.

“La prevista conexión a la red de Metro, con una estación en la Encarnación, le añade a su condición histórica de vacío interior una nueva: la de puerta metropolitana. Condición esta última significativa, ya que incorporará desde el punto de vista cuantitativo un caudal de usuarios importante, adjetivados por la condición desestructurada del movimiento por el espacio-tiempo del habitante de la metrópol”

[Bases del Concurso de Ideas para la Plaza de la Encarnación]

Esta técnica de cimentación en principio parece excesiva, provocando un sobre coste en el proyecto, ya que contamos con unos pilotes de bastante diámetro y profundidad. En la documentación del proyecto se detalla la cimentación con un presupuesto de 2 millones de euros, pareciendo a simple vista un coste superior al necesario, ya que no tiene un coeficiente de seguridad más alto que otro tipo de cimentación.

Urbanismo reclamará al arquitecto de las 'setas' por el sobre coste

El Ayuntamiento llega a esta conclusión después de que "tanto desde punto de vista jurídico como técnico, pudiera haber responsabilidad por parte del autor del proyecto"

Artículo del periódico *Diario de Sevilla* [2011]

Se conoce, a partir de otras investigaciones, que el 90% de los pilotajes de la ciudad de Sevilla descansan en la capa de zahorras.

En la imagen anterior se muestra como incluso en un artículo del periódico del *Diario de Sevilla* se reclama al arquitecto por el sobrecoste.

Una vez citada la problemática del sobrecoste debido a la cimentación **planteamos el objetivo** de realizar un análisis comparativo entre diferentes tipos de cimentaciones, estudiando la resistencia, el coeficiente de seguridad y el coste de la ejecución de esas nuevas tipologías de cimentación.

En principio se va a realizar una comparación con una tipología más convencional de pilotes, de menor diámetro y menor longitud. Los pilotes a estudiar podrán ser de barrena con camisa y otro caso de pilotes hincados de 40 cm que se anclen en la capa de gravas.

Los pilotes de barrena con camisa, como ya sabemos, no necesitan la utilización de lodos para su ejecución, por lo cual conllevará un sistema menos costoso. Se realizará con una dimensión de 65 cm de diámetro y 25 metros de profundidad, permitiendo así el paso del metro que se acordó con la Consejería de Obras Públicas de la Junta de Andalucía, que actualmente ha tenido que trasladarse a la plaza del Duque al no tenerse en cuenta en la realización del proyecto de Las Setas.

Aun así, el proyecto cuenta con numerosas problemáticas citadas en el apartado anterior, que no vamos a analizar pero serán temas para posibles estudios de futuros trabajos fin de grado.

2.4 DATOS DE CÁLCULO DEL PROYECTO

2.4.1 DATOS DEL TERRENO

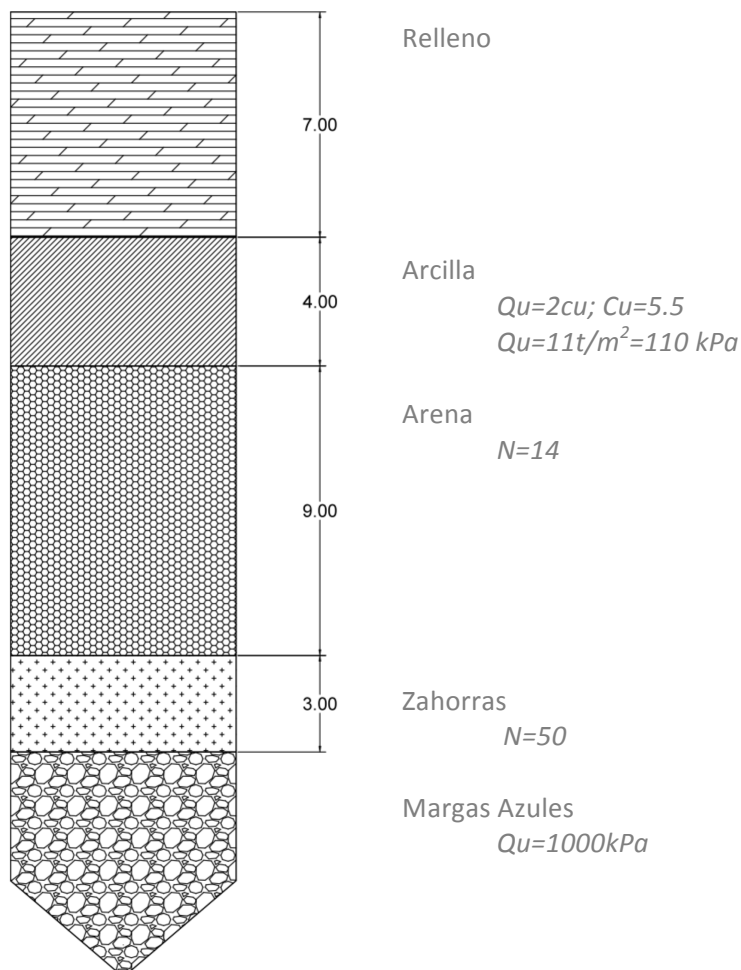
A partir de los datos obtenidos del *Volumen 1 y Volumen 2 de la Memoria General de Metropol Parasol [2005]* se va a hacer un resumen de los puntos más interesantes para resumir el proyecto y su entorno.

DATOS GEOTÉCNICOS – SONDEO GENERAL

TERRENO

En la parcela se han realizado diferentes Estudios Geotécnicos que se recogen dentro del documento “*Proyecto de Emergencia*” [2005].

A partir de los datos obtenidos de dichos estudios y para el entendimiento del suelo comenzamos con un resumen del perfil del terreno, que se ha realizado un corte con las siguientes características.



Encontramos cinco niveles diferentes del terreno, que tendrán en cada sondeo diferentes espesores que analizaremos posteriormente, siendo generalmente el mostrado en la imagen anterior.

Nivel 1. Relleno – Aluvial reciente: arenas y arcillas marrones con restos antrópicos.

Dicho nivel esta formado por tramos arenosos mezclado con tramos arcillosos marrones o grisáceos que contendrán diferente grado de plasticidad, con restos cerámicos y óseos. En la base se encuentran restos de material aluvial reciente.

Según los ensayos encontrados en la documentación del proyecto, nos encontramos ante un nivel del terreno de compacidad y consistencia variable siendo en general de media a blanda, con un espesor de aproximadamente 7.00 metros en general

Nivel 2. Aluvial reciente: arcillas marrones con algunos restos cerámicos.

Es un terreno formado por arcillas marrones con algo de arena e indicios de grava y restos cerámicos. Su espesor es variable entre 2,60 y 5,00 metros, consideraremos para el corte general un corte de 4.00 metros de espesor.

Es un terreno de consistencia de blanda a firme en general.

Nivel 3. Aluvial: Arenas limo – arcillosas con algo de grava en la base.

En este nivel, según los sondeos, existe una gran variabilidad en su espesor, dividiendo la parcela en tres zonas.

- Zona 1: esta delimitada por los ensayos S-1, S-2, EP-1 y EP-6 (Vorsevi 2004- Fase 1), en esta zona el espesor es mayor y alcanza los 10.40 m en el sondeo S-1 (Vorsevi 2004);
- Zona 2: se ha identificado con los ensayos S-3, S-3', EP-7 y EP-8 (Vorsevi 2004), el espesor medio es de 4 m;
- Zona 3: este nivel geotécnico no es presente en la zona donde se han realizado los ensayos S-4, S-7, EP-9 y EP-10 (Vorsevi 2004- Fase 1&2), tampoco aparece el nivel geotécnico 4.

Se trata de un material de compacidad media, salvo en el sondeo S-1 que los resultados indican que su compacidad es blanda.

En el corte general escogeremos un espesor de 9.00 metros.

Nivel 4. Aluvial: gravas arenosas con algo de arcilla y episodios de bolos en la base - Zahorras.

Esta capa esta compuesta por gravas arenosas de naturaleza silíceas, subredondeada y heterométrica con bolos hacia la base.

Es un nivel con espesor variable entre 0, en el sondeo S – 4, Y 9 metros, escogiendo finalmente un espesor de 3.00 metros. Según el estudio presenta una pendiente de 15º o más hacia el Oeste, que puede corresponder a un antiguo cauce. Se trata de un terreno muy denso.

Nivel 5. Mioceno: “Margas Azules” arcillas margosas de alta plasticidad.

El nivel superior de esta capa se sitúa a profundidades de entre -6,50 y -20 m con una pendiente de casi 20º indicando un nivel de terraza.

Tiene un índice de plasticidad mayor de 20% llegando a un valor máximo de 33%.

Se considera un material de una resistencia de muy firme a dura.

NIVEL FREÁTICO.

Asumiéndose en el diseño las siguientes cotas en el nivel freático:

- Dentro del recinto de la excavación: 1.5 m (en el cálculo de las cimentaciones) y 3.0 m (en el análisis de las pantallas) cotas absolutas respecto al nivel del mar.
- Fuera del recinto: 4.0 m (en el análisis con FREW – ELS) y 9.0 m (análisis con STAWAL-ELU) cotas absolutas respecto al nivel del mar.

Según los datos recogidos en el apartado 8.3: *Usos y cargas consideradas* del Volumen 2 [2005] contamos con una carga de 17,85 KPa/m² por planta.

NIVEL PLAZA 1 – COTA +0,00 M	
Peso propio del forjado y elementos estructurales	9.70
Pavimento	2.65
Instalaciones	0.50
Carga Total Permanente	12.85
Sobrecargas de Uso	5.00
Carga Total	17.85
NIVEL PLAZA 2 – COTA +5,00 M	
Peso propio del forjado y elementos estructurales	9.70
Pavimento	2.65
Carga Total Permanente	12.85
Sobrecargas de Uso	5.00
Carga Total	17.85

CUBIERTA

En cuanto a la carga de cubierta se realizará a partir del peso propio y unos laminados de madera de 10 cm de espesor y 3 x 4 metros de dimensiones.

“7.2.1 Elementos de madera

Los cálculos de la estructura de madera se han basado en la hipótesis de que se emplearán elementos de KERTO-Q. KERTO-Q es un producto de la empresa “Finnforest Oyi” de Lohja, Finlandia. Se define como “Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung” dentro del número de licencia Z-9.1-100. KERTO-Q está compuesto de madera de pino o abeto y su peso específico es de 500kg/m³ aproximadamente. Está formado por diversas chapas de madera, encoladas con un adhesivo de plástico fenólico. La pérdida de volumen inicial y las variaciones de volumen debidas a los cambios en el grado de humedad son pequeñas.”

[Volumen 2. Estructura. Memoria PB Metropol Parasol; 2005]

Los 500 kg/m³ los pasamos a kN/m², teniendo un total de **5 kN/m²**.

A partir de las cargas muertas que encontramos en la memoria del proyecto básico (Laminado de madera 5 kN/m²; Subestructura de Acero 1,5 kN/m²; Sobrecarga de uso 5 kN/m²; Sobrecarga de nieve 0,4 kN/m²; mantenimiento 1 kN/m² y viento 0,75 kN/m² y 3,1 kN/m² de la pasarela) calculamos la carga total de la cubierta.

Los laminados de madera son de 3 x 4 metros y 10 cm de espesor, los más desfavorables para posicionarnos del lado de la seguridad. Para calcular su peso específico total multiplicamos los paneles que entran dentro de un área de 3 x 3 metros, que después dividiremos entre los 9 m² correspondientes para llegar al peso de la madera en una superficie de 1 m².

En un área de 3 x 3 entrarán 6 paneles, 3 en cada dirección.

6 paneles x 3m de longitud x 4m de altura x 0,10m de canto x 5 kN/m² = **4 kN/m² de superficie**

Estos 4 kN/m² de superficie serán los que se sumarán a la carga de la **cubierta**, que será en total una carga de 12,65 kN/m² en zonas sin pasarela y **15,75 kN/m² en zonas con pasarela**.

Finalmente, para calcular la carga según el área de influencia de las dos plantas multiplicaremos el área de influencia anteriormente indicado por la carga total de cada planta, obteniendo el siguiente resultado:

$$2 \times 45\text{m} \times 15\text{m} \times 17.85 + 45\text{m} \times 15\text{m} \times 15,75 \text{ KPa/m}^2 = \\ 24097,5 + 10631,25 = \mathbf{34728,75 \text{ KN}}$$

Finalmente cada pilar soportará **34728,75 KN**

ENCEPADO DE 16 PILOTES

ÁREA DE INFLUENCIA PARA ENCEPADOS DE 16 PILOTES

Las cargas del proyecto, aportadas por el *Volumen 2-Estructuras del PB del Metropol Parasol [2005]*, se mostrarán por plantas, calculándolo finalmente por área de influencia.

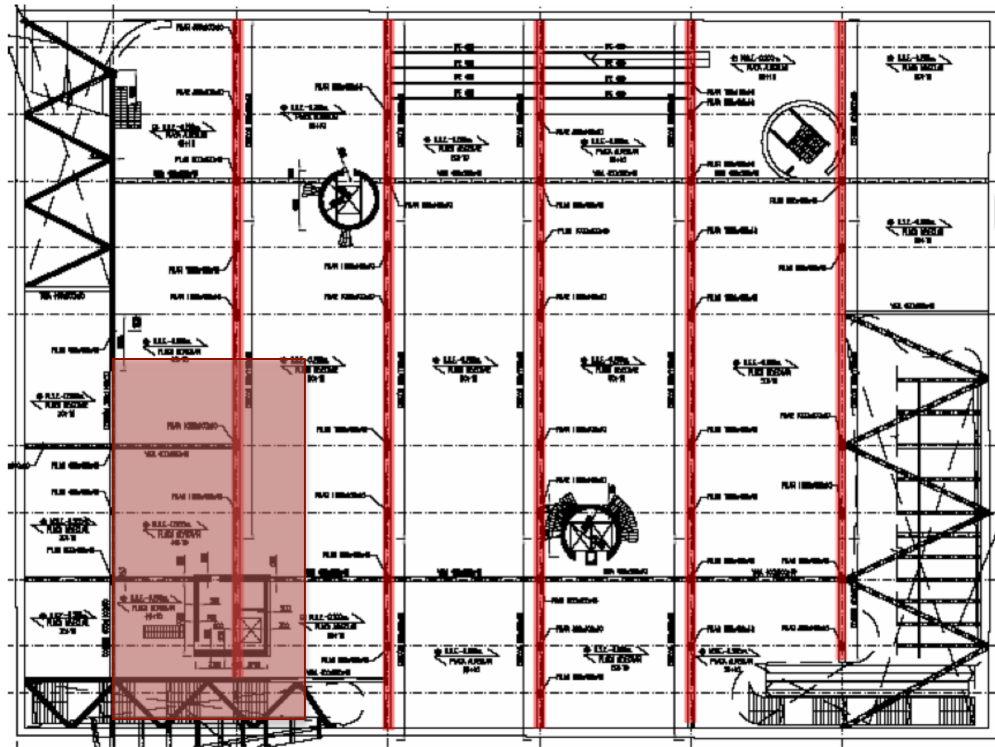


Imagen obtenida del Volumen 2. Estructuras de la Memoria del PB [2005]

Tanto la planta de la Plaza – Mercado, como la segunda planta, tendrá un área de influencia de **45x20 metros**, mostrados con el recuadro de la imagen anterior.

Consideramos las mismas cargas que en el encepado de 9 pilotes y la misma forma de cálculo para determinar la carga que soportará el pilar.

$$2 \times 45\text{m} \times 20\text{m} \times 17,85 + 45\text{m} \times 20\text{m} \times 15,75 \text{ KPa/m}^2 = \\ 32130 + 14175 = \mathbf{46305 \text{ KN}}$$

Finalmente cada pilar soportará **46305 KN**

2.4.2 ELECCIÓN ZONAS DE ESTUDIO

Dentro del proyecto realizado en la Plaza de la Encarnación, vamos a realizar un estudio de dos ámbitos diferentes.

ENCEPADO 9 PILOTES

El primer ámbito será un encepado de 9 pilotes, que será el habitual, donde los pilotes estarán organizados de forma simétrica con una distancia de separación entre ellos de 3 metros, estando el del centro en la coordenada [0;0]

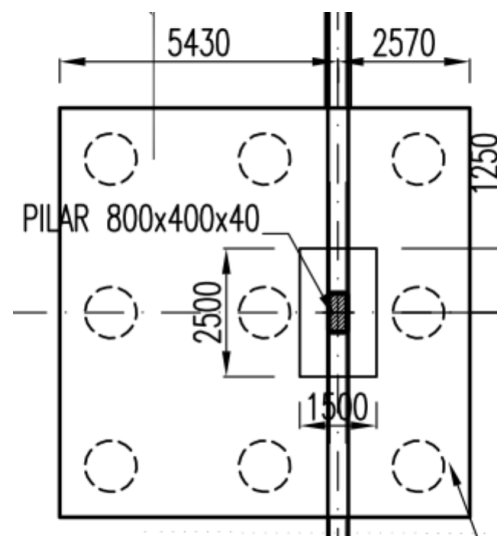


Imagen obtenida del Volumen 2.
Estructuras de la Memoria del PB [2005]

Las medidas del dibujo se muestran en mm.

ENCEPADO DE 16 PILOTES

El segundo ámbito será de un encepado de 16 pilotes, que estará situado en zonas del proyecto que necesiten soportar mayor carga.

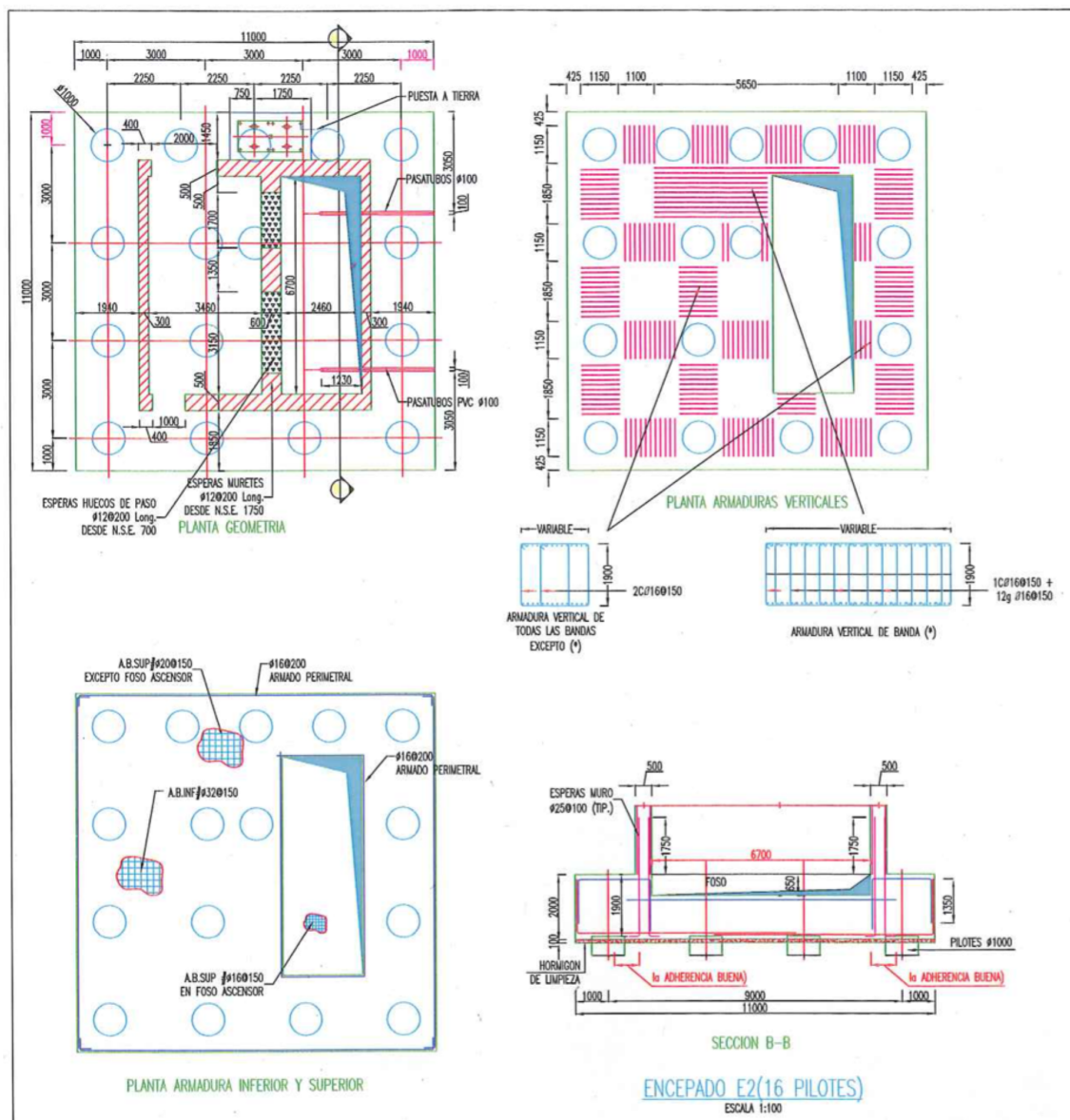


Imagen proporcionada por el tutor Antonio Jaramillo

2.4.3 CÁLCULO DE CARGAS SOPORTADAS SEGÚN LOS ENCEPADOS

ENCEPADO 9 PILOTES.

Seguimos contando con pilotes de 1 metro de diámetro y 45 metros de profundidad, pero por la situación de su encepado se realiza un reparto entre 9 pilotes.

Como se encuentra en la imagen del apartado 2.4.2 Elección de zonas de estudio (de encepados de 9 pilotes) del trabajo realizado, estamos situados ante un encepado con 9 pilotes distribuidos de forma simétrica con una carga transmitida por los pilares, que se encuentra situado con excentricidad.

A partir de la situación de los pilotes y de la situación de la carga transmitida por los pilares, realizamos el cálculo de carga que soporta cada pilote del encepado.

La fórmula que vamos a utilizar es la siguiente:

$$P_i = P_{TOTAL} \left[\frac{1}{n} + \frac{X_p \cdot X_i}{\sum X_i^2} + \frac{Y_p \cdot Y_i}{\sum Y_i^2} \right]$$

P_i : Carga que soporta el pilote individual

P_{TOTAL} : Carga total a soportar (Transmitida por el pilar)

n : Número de pilotes

X_p : distancia en la coordenada x de la excentricidad de la carga

X_i : distancia en la coordenada x del pilote a calcular

$\sum X_i$: Baricentro de pilotes

Y_p : distancia en la coordenada y de la excentricidad de la carga

Y_i : distancia en la coordenada y del pilote a calcular

$\sum Y_i$: Baricentro de pilotes

Siendo la coordenada [0;0] el centro del encepado de 8x8 metros y suponiendo que la carga total es **34728,75 KN**, el número de pilotes es 9, el punto de excentricidad donde actúa la carga estaría situado en la coordenada [1.5;0.0] y, por ejemplo, el pilote número 1 tendría la coordenada [-3;3]

El baricentro de los pilotes se ha realizado haciendo el sumatorio de todas las coordenadas x y todas las coordenadas y.

Los cálculos de cada pilote se realizarán a partir de una hoja de Excel realizada a partir de la fórmula expresada anteriormente, que estarán adjuntos en el Anejo B (Anejo de Cálculos)

Mostramos un resumen de los datos obtenidos según los sondeos:

SONDEO GENERAL	CARGA AGUANTA	CARGA QUE SOPORTA	COEF. SEGURIDAD
PILOTE MÁS CARGADO [3-6-9]	10823,63	6752,8	1,60

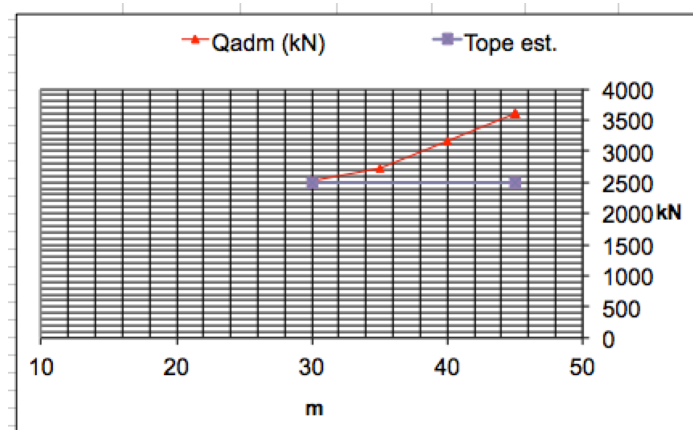
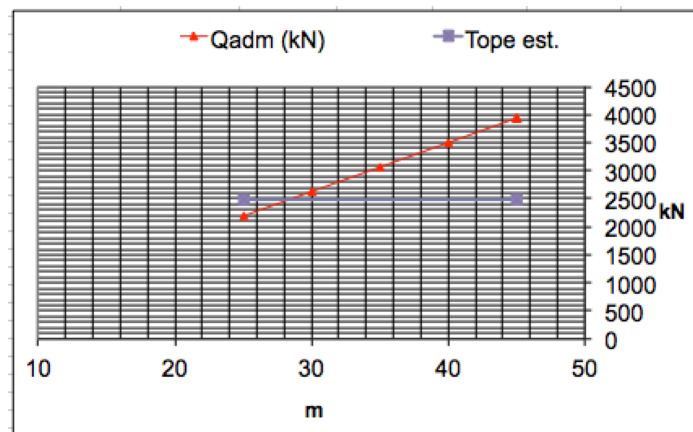
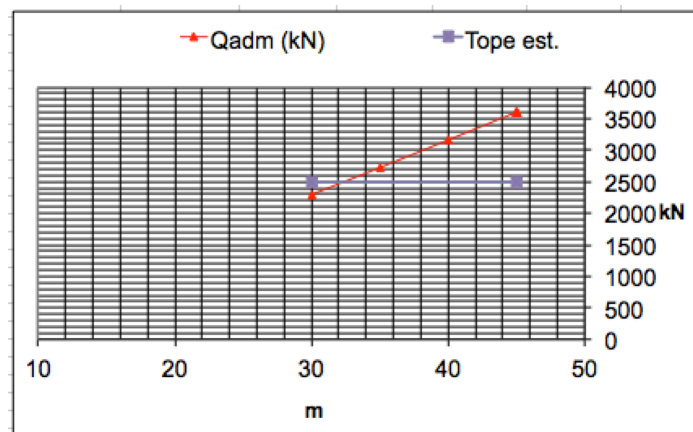
SONDEO 1	CARGA AGUANTA	CARGA QUE SOPORTA	COEF. SEGURIDAD
PILOTE MÁS CARGADO [3-6-9]	11794,59	6752,8	1,74

SONDEO 2	CARGA AGUANTA	CARGA QUE SOPORTA	COEF. SEGURIDAD
PILOTE MÁS CARGADO [3-6-9]	10777,50	6752,8	1,59

En cualquier tipo de terreno analizado el coeficiente de seguridad no será mayor a 1,75, siendo un coeficiente de seguridad muy bajo.

Según el tipo de terreno vamos a obtener unas gráficas que nos mostrarán el tope estructural y la carga admisible. Un pilote no debe superar los metros de longitud tras alcanzar el tope estructural, ya que estaría desperdiciando esa longitud sobrante del pilote, puesto no va a resistir mas carga por muchos metros lineales que tenga, ya que ha alcanzado el tope estructural.

En las gráficas vemos que, según el terreno, al pasar más de 31 metros de longitud del pilote sigue resistiendo la misma carga.



ENCEPADO 16 PILOTES

Seguimos contando con pilotes de 1 metro de diámetro y 45 metros de profundidad, pero por la situación de su encepado se realiza un reparto entre 16 pilotes.

Como se encuentra en la imagen del apartado 2.4.2 Elección de zonas de estudio (de encepados de 16 pilotes) del trabajo realizado, estamos situados ante un encepado con 16 pilotes distribuidos de forma asimétrica e irregular, con una carga transmitida por los pilares que se encuentra situado con excentricidad.

A partir de la situación de los pilotes y de la situación de la carga transmitida por los pilares, realizamos el cálculo de carga que soporta cada pilote del encepado, que no será la misma, puesto que no es una cimentación simétrica.

La fórmula que vamos a utilizar es la misma del encepado de 9 pilotes, siendo N (número de pilotes) igual a 9.

A partir de la coordenada [0;0] el centro del encepado de 11x11 metros y suponiendo que la carga total es **46305 KN**, el número de pilotes es 16, el punto de excentricidad donde actúa la carga estaría situado en la coordenada [0;0.2] y, por ejemplo, el pilote número 1 tendría la coordenada [-4.5;4.5]

El baricentro de los pilotes se ha realizado haciendo el sumatorio de todas las coordenadas x y todas las coordenadas y.

Los cálculos de cada pilote se realizarán a partir de una hoja de Excel realizada a partir de la fórmula expresada anteriormente, que estarán adjuntos en el *Anejo B (Anejo de Cálculos)*

Mostramos un resumen de los datos obtenidos según los sondeos:

SONDEO GENERAL	CARGA AGUANTA	CARGA QUE SOPORTA	COEF. SEGURIDAD
PILOTE MÁS CARGADO [13-14-16]	10038,63	3104,5	3,23

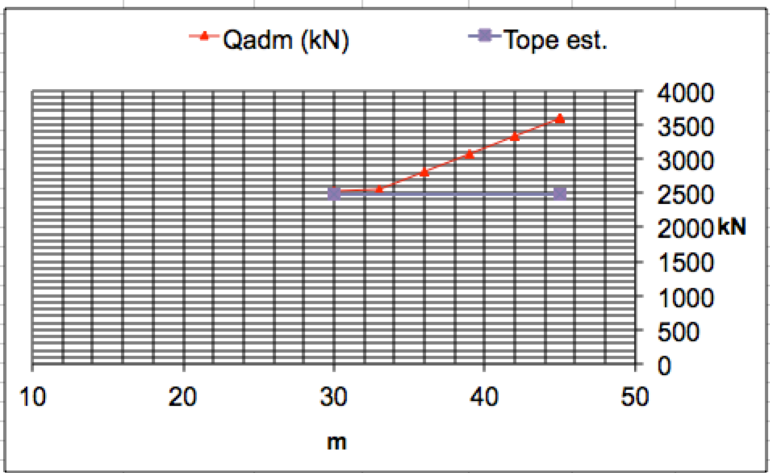
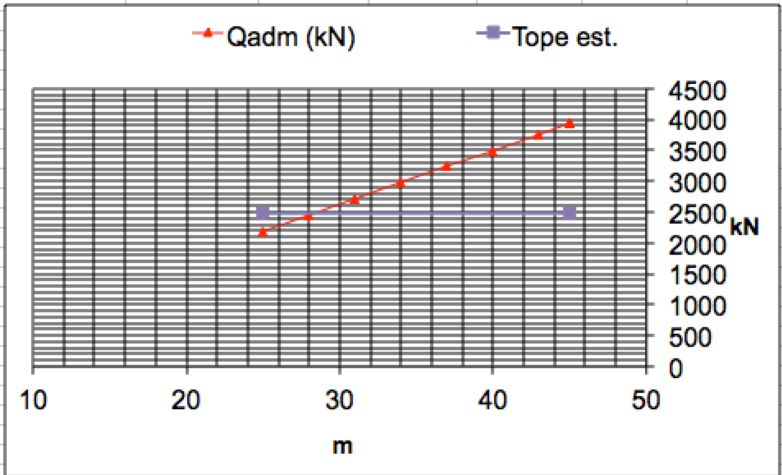
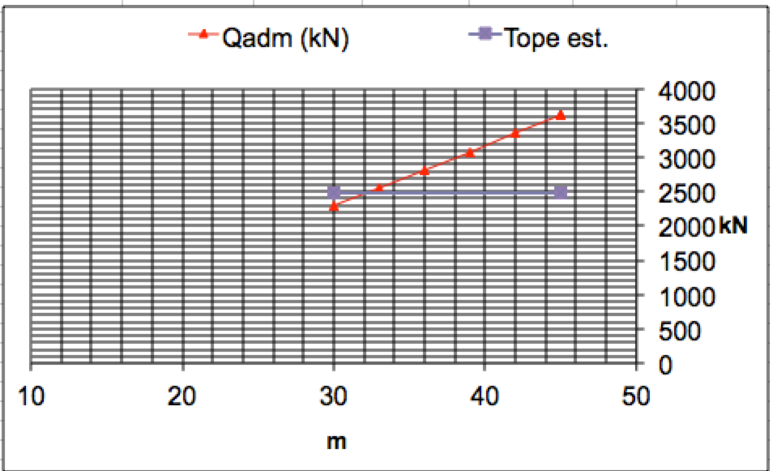
SONDEO 1	CARGA AGUANTA	CARGA QUE SOPORTA	COEF. SEGURIDAD
PILOTE MÁS CARGADO [13-14-16]	11794,59	3104,5	3,7

SONDEO 2	CARGA AGUANTA	CARGA QUE SOPORTA	COEF. SEGURIDAD
PILOTE MÁS CARGADO [13-14-16]	10777,50	3104,5	3,47

En cualquier tipo de terreno analizado el coeficiente de seguridad estará en torno a 3 o 3,5, un coeficiente de seguridad más habitual que el de 9 pilotes.

Según el tipo de terreno vamos a obtener unas gráficas que nos mostrarán el tope estructural y la carga admisible. Un pilote no debe superar los metros de longitud tras alcanzar el tope estructural, ya que estaría desperdiciando esa longitud sobrante del pilote, puesto no va a resistir mas carga por muchos metros lineales que tenga, ya que ha alcanzado el tope estructural.

En las gráficas vemos que, según el terreno, al pasar más de 30 metros de longitud del pilote sigue resistiendo la misma carga.



2.5 DATOS DEL ANÁLISIS-ESTUDIO

2.5.1 METODOLOGÍA UTILIZADA PARA EL ANÁLISIS.

Para la realización del análisis de diferentes tipologías de cimentaciones compatibles con el proyecto y el terreno de la zona donde nos encontramos, se va a realizar un estudio a partir de las cargas consideradas según la *Memoria Descriptiva de Las Setas del Proyecto Básico [2005]*.

Se va a estudiar una tipología de cimentación, que a simple vista parece que puede soportar las cargas del proyecto, siendo menos costosa y voluminosa.

A partir de una serie de hojas de Excel proporcionadas por *el tutor del TFG, Antonio Jaramillo*, que se adjuntan en el *Anejo B (Anejo de hojas de cálculo)*, se realizará el dimensionado ajustado para el tipo de cargas a soportar, comprobando entre ellas cual se ajusta mas al Metropol Parasol, realizando finalmente un análisis comparativo entre la cimentación realizada en el proyecto y la cimentación que se propone.

2.5.2 REALIZACIÓN DE DIFERENTES CORTES EN EL TERRENO.

Al comprobar las diferentes cimentaciones posibles, debemos realizar el análisis en diferentes puntos con diferentes cortes del terreno, eligiendo zonas más desfavorables, de forma que nos situemos del lado de la seguridad ante el comportamiento de las nuevas cimentaciones.

A partir del *Estudio Geotécnico* realizado por la *Empresa AYESA* encargado por la *Gerencia de Urbanismo del Ayuntamiento de Sevilla*, vamos a realizar unos posibles cortes del terreno, a parte del realizado como corte general en el apartado 2.4.1 Datos del terreno del presente documento, conociendo las características geotécnicas del subsuelo tan diferentes existentes dentro de la misma parcela donde se sitúa el proyecto, observando el tipo de cimentación más recomendable para este tipo de construcción, con tres plantas bajo rasante.

"2.1. Labores de campo.

El reconocimiento de campo ha consistido en la ejecución de prospecciones a base de sondeos mecánico a rotación y ensayos de penetración dinámica continua.

La situación de los reconocimientos realizados, queda reflejada en el plano de situación de prospecciones que se adjunta en el apéndice 7.1."

[Estudio Geotécnico Plaza de la Encarnación; 2005]

La parcela de estudio se encuentra en la ciudad de Sevilla, entre las calle Imagen y Regina, ocupando un área rectangular con una superficie próxima a los 6.900 m².

En el *Estudio Geotécnico del PB del Metropol Parasol [2005]* encontramos unas tablas de sondeos realizados, a partir de las cuales escogeremos los cortes con los que seguiremos el análisis.

SONDEO 1

Relleno Artificial

Se encuentra un relleno artificial con una profundidad desde 0.00 m hasta -7.90 m. A partir de 5.50 m hay arcillas muy blandas con resto artificial.

Este nivel se reconoce como un suelo arenoso limoso marrón, con fragmento de ladrillos y restos diversos. La constancia es muy escasa. $N = 7,5$. Los niveles de rellenos son inutilizables para cimentación, por lo cual será descartado por su consistencia y espesor para la situación de la nueva cimentación.

Aluvial fino. Arcilla Blanda.

En el primer sondeo encontramos una capa de profundidad desde -7.90 hasta -11.80 m, contando con un espesor de 3.90 m. De 11.00 m a 11.80 m aparecen gravas rodadas de nivel infrayacente.

Se trata de una arcilla gris – marrón y una Q_{adm} de 110 kPa.

Aluvial grueso. Arenas.

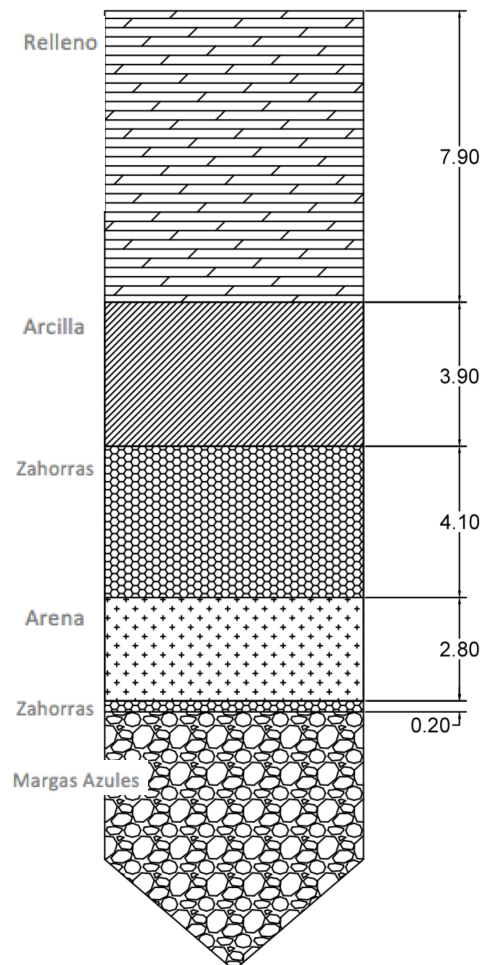
En este primer sondeo el estrato de arenas tendrá un espesor de 2,80 m, comenzando desde la cota -15,90.

Generalmente se trata de arenas medias de color gris no plásticas y con porcentaje de finos. Se obtiene un valor SPT medio de $N=14$. Estos valores asignan a estos suelos grado de compacidad variable de medianamente densas a densas.

Aluvial grueso. Gravas.

En este sondeo encontramos **dos estratos de grava**, el **primero** situado justo encima del estrato de arena del que hablábamos anteriormente, situado, con un espesor de 4,10 m, en una profundidad desde -11,8 m hasta -15,90 m, donde comenzaría el estrato de grava. **El segundo** se encontraría justo por debajo de este, con una profundidad desde -18,70 m hasta -18,90, teniendo solo 20 cm de espesor formado por bolos rodados de tamaño medio entre 9 y 10 cm.

Los ensayos de penetración dinámica dan sistemáticamente rechazo en este nivel geotécnico, con un $N=50$. En principio es el nivel geotécnico más competente del área investigada, óptimo para cimentaciones profundas, siempre que exista el espesor conveniente por debajo del plano de apoyo.



Margas

Según los sondeos se encuentra a una profundidad de -18,90 m, con un espesor elevado. Corresponde con el sustrato mioceno de la zona de color gris azulado, de ahí que se le llamen como las conocidas "Margas azules". De este estrato conocemos que $Q_u=1000$ kPa.

SONDEO 2

Relleno Artificial

En este segundo sondeo consideramos una zona donde el relleno artificial se encuentra con una profundidad desde 0.00 m hasta -6.00 m, casi dos metros de diferencia de espesor respecto al sondeo anterior.

Este nivel se reconoce como un suelo arenoso limoso marrón, con fragmento de ladrillos y restos diversos. La constancia es muy escasa. $N= 7,5$. Los niveles de rellenos son inutilizables para cimentación, por lo cual será descartado por su consistencia y espesor para la situación de la nueva cimentación.

Aluvial fino. Arcilla Blanda.

En el segundo sondeo encontramos una capa de profundidad desde -6,00 hasta -10,90 m, contando con un espesor de 3.90 m, muy aproximado al anterior.

Se trata de una arcilla gris – marrón y una Q_{adm} de 110 kPa.

Aluvial grueso. Arenas.

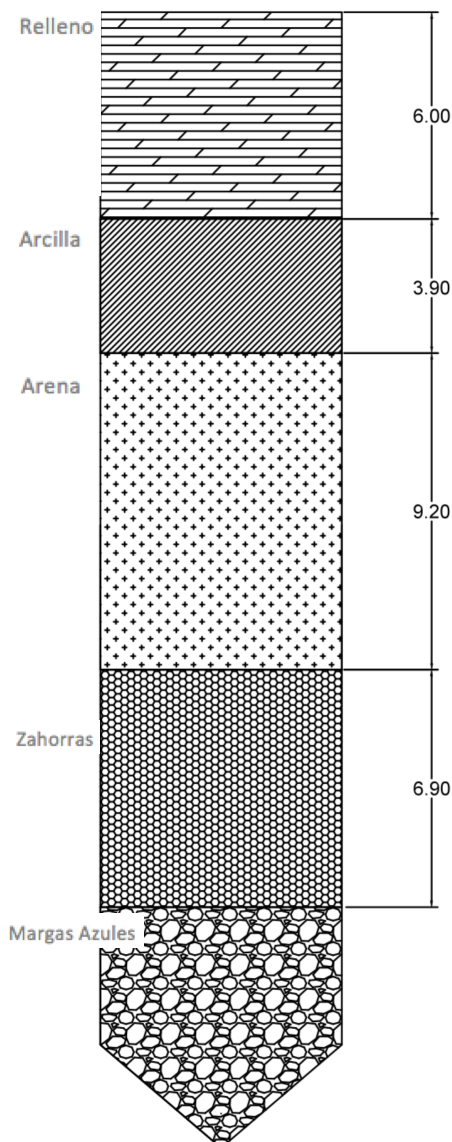
A diferencia del primer sondeo, el estrato de arenas tendrá un espesor de 9,20 m, comenzando desde la cota -10,90 hasta la cota -20,10. En este estrato se observa una gran diferencia con el sondeo analizado anteriormente.

Generalmente se trata de arenas medias de color gris no plásticas y con porcentaje de finos. Se obtiene un valor SPT medio de $N=14$. Estos valores asignan a estos suelos grado de compacidad variable de medianamente densas a densas.

Aluvial grueso. Gravas.

También diferente al primer sondeo, en lugar de encontrarnos ante dos estratos del mismo material, solo contamos con un mismo nivel de gravas, situado únicamente bajo el estrato de arenas, con un espesor de 6,90 m, desde la cota -20,10 m hasta la -27,0 m, contando con que los primeros 10 cm de espesor estará formado por gravas y arenas gruesas al 50%.

Se ha obtenido el valor de $N=46$ en este segundo sondeo, lo que corresponde a un grado de compacidad denso. En principio es el nivel geotécnico más competente del área investigada, óptimo para cimentaciones profundas, siempre que exista el espesor conveniente por debajo del plano de apoyo.



Margas

Según los sondeos se encuentra a una profundidad de -27,00 m, con un espesor elevado. Corresponde con el sustrato mioceno de la zona de color gris azulado, de ahí que se le llamen como las conocidas “Margas azules”. De este estrato conocemos que $Q_u=1000$ kPa.

2.6 ESTUDIO DE LA NUEVA CIMENTACIÓN

PILOTES DE BARRENA

Según hemos estudiado en la asignatura de *Mecánica del suelo y Cimentaciones* [años 2013-2014] los pilotes de barrena continua se realizan a partir de una hélice que se desarrolla sobre un núcleo central formado por un tubo. Se introduce en el terreno por rotación hasta alcanzar la profundidad necesaria prevista en una sola operación de manera que la barrena debe tener como mínimo la longitud de la perforación. Una vez introducida en el terreno se extrae simultáneamente el hormigonado a través del eje de la propia barrena. Extraída la barrena y rellenado el pilote de hormigón, se introduce la armadura.

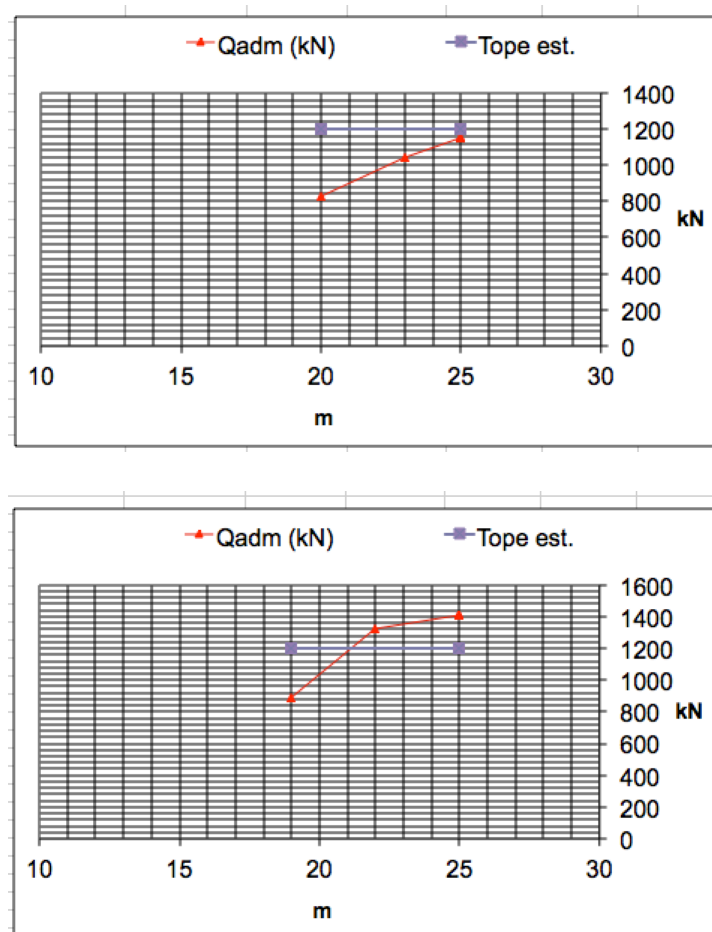
Los pilotes de barrena continua se emplean en la cimentación de estructuras de todo tipo para transmitir las cargas a una determinada profundidad del terreno si este no ofrece superficialmente la capacidad portante requerida.

Las ventajas que ofrece este tipo de pilote son numerosas, motivo por el cual es una de las cimentaciones profundas más empleadas. Dichas ventajas son, entre otras:

- No necesita la utilización de lodos para la sujeción del terreno a la hora del hormigonado, ya que la barrena desempeña una doble tarea: por una parte de perforación y por otra de sujeción del terreno o entubación, eliminando así el coste de la utilización de estos lodos.
- Permiten realizar el empotramiento del pilote en estratos consistentes.
- Se pueden dejar los pilotes a la cota que se desee y preparados para la ejecución de los encepados sin cortarlos posteriormente, eliminando también ese gasto.
- Alta resistencia de cargas
- Buenas condiciones medioambientales de trabajo con un nivel de ruido prácticamente nulo.

Vamos a realizar una comparación de si la estructura del Metropol Parasol pueden soportarla unos pilotes de barrena de 65 cm de diámetro y anclados en la cota de las zahorras.

Disponiendo, según los dos tipos de terrenos y con un coeficiente de seguridad de 3 por fuste y por punta, de las hojas de Excel, llegamos a la siguiente gráfica para determinar la cota de los pilotes.



Lo ideal es anclar el pilote a la cota que alcance su tope estructural, siendo esta la cota 25, teniendo finalmente todos los pilotes 20 metros menos que los pilotes actuales.

2.7 COSTES DE LAS CIMENTACIONES

Según la *Base de Datos de la Junta de Andalucía* se estiman unos precios para cada tipología de cimentación según los materiales utilizados.

PILOTES EN BARRENA

03CPS00313	m PILOTE "IN SITU" BARREN. HA-25/F/20/Ila DIÁM. 65 cm			
Pilote "in situ" de hormigón armado HA-25/F/20/Ila, consistencia fluida y tamaño máximo del árido 20 mm, con acero B 500 S y una cuantía de 10,467 kg/m, de 65 cm de diámetro, ejecutado mediante barrenado, incluso descabezado, limpieza y doblado de las armaduras; construido según NCSR-02, EHE y CTE. Medida la longitud hasta la plataforma de apoyo del equipo.				
TP00100	0,200 h	PEÓN ESPECIAL	17,27	3,45
TO00600	0,196 h	OF. 1ª FERRALLISTA	18,33	3,59
CA00320	10,467 kg	ACERO B 500 S	0,81	8,48
GW00100	0,100 m3	AGUA POTABLE	0,55	0,06
CH02940	0,427 m3	HORMIGÓN HA-25/F/20/Ila, SUMINISTRADO	60,98	26,04
MP00270	0,125 m	PILOTE CPI-8 POR P.P. DE EQUIPO DE PILOTAJE (ALQUILER)	212,23	26,53
MC00100	0,020 h	COMPRESOR DOS MARTILLOS	6,35	0,13
MB00200	0,067 h	BOMBA DE HORMIGONAR	55,84	3,74
MP00600	1,000 u	REPERCUSIÓN S/UTIL, TRANS. MONT. ECT. MÁQUINA	6,45	6,45
			Sin descomposición	78,47
			Costes indirectos	13,00% 10,20
			TOTAL EUROS	88,67

Si consideramos que los pilotes tienen una longitud de 25 metros tendría un coste de 2216,17 € cada pilote sin sumarle el 19% de coste de contrata.

PILOTES IN SITU CON LODOS

Comparamos el precio de un pilote en barrena de 65 cm de diámetro con la cimentación actual del edificio. En la *Base de Datos de la Junta de Andalucía* encontramos el precio de un pilote realizado "in situ" con Lodos de 45 cm de diámetro. Nosotros realizamos nuestra propia hipótesis de cálculo de precio. Como nuestro edificio tiene una cimentación de este tipo pero de 100 cm de diámetro realizamos una regla de tres, obteniendo que el precio final del pilote actual de las setas tiene un precio de 262,80 €/m de longitud aproximadamente, en total 11826 € cada pilote, sin sumarle el 19% de coste de contrata.

03CPS00206		m PILOTE "IN SITU" LODOS HA-30/F/20/Ila DIÁM. 45 cm			
Pilote "in situ" de hormigón armado HA-30/F/20/Ila, consistencia fluida y tamaño máximo del árido 20 mm, con acero B 500 S y una cuantía de 7,587 kg/m, de 45 cm de diámetro, ejecutado mediante perforación con lodos tixotrópicos, incluso descabezado, limpieza y doblado de las armaduras; construido según EHE, NCSR-02 y CTE. Medida la longitud ejecutada hasta la plataforma de apoyo del equipo.					
TO02100	0,271 h	OFICIAL 1ª	18,33	4,97	
TP00100	0,490 h	PEÓN ESPECIAL	17,27	8,46	
TO00600	0,189 h	OF. 1ª FERRALLISTA	18,33	3,46	
CH80150	0,170 m3	HORMIGÓN HA-30/F/20/Ila, SUMINISTRADO	64,61	10,98	
CA00320	7,587 kg	ACERO B 500 S	0,81	6,15	
GW00100	0,150 m3	AGUA POTABLE	0,55	0,08	
CP00100	3,500 kg	BENTONITA	0,21	0,74	
MP00250	0,360 m	PILOTE CPI-6 POR P.P. DE EQUIPO DE PILOTAJE (ALQUILER)	175,74	63,27	
MC00100	0,015 h	COMPRESOR DOS MARTILLOS	6,35	0,10	
MP00600	1,000 u	REPERCUSIÓN S/UTIL, TRANS. MONT. ECT. MÁQUINA	6,45	6,45	
			Sin descomposición		104,66
Costes indirectos			13,00%		13,61
TOTAL EUROS					118,27

2.8 COMPARACIÓN DE LAS DIFERENTES SOLUCIONES

Según el análisis realizado, comparamos ventajas e inconvenientes de cada tipología de cimentación.

Actualmente existe un sobredimensionamiento de los pilotes que supone un elevado coste, tiempo de ejecución, utilización de hormigón, resistiendo lo mismo que si existiera un pilote de 30 metros del mismo diámetro, ya que a partir de esta dimensión ha alcanzado su tope estructural, resistiendo exactamente lo mismo aumentemos los metros que aumentemos en su longitud.

El coste económico de las diferentes tipologías, como hemos relacionado en el apartado 2.7 *Coste de las Cimentaciones*, supone un ahorro de más del 55% con el nuevo pilote propuesto por sus dimensiones y tipología, sin tener en cuenta el 19% que hay que sumarle de coste de contrata, y a esto sumamos el ahorro económico que supone la menor utilización de hormigón tanto en sección como en longitud del pilote, disminuyendo 35 cm de diámetro y casi 25 metros de longitud del pilote.

En cuanto al proceso de ejecución es más económico el pilotaje en barrena, ya que no utiliza lodos bentoníticos, favoreciendo aún más la nueva solución y conlleva a un ahorro de honorarios por la disminución del tiempo de ejecución de esta tipología de cimentaciones.

Medioambientalmente también es más ventajoso el pilotaje por barrena de menos diámetro y longitud, ya que no utilizará lodos bentoníticos, que son perjudiciales para el medioambiente por la contaminación que supone.

En cuanto al coeficiente de seguridad nos encontramos con una cimentación con diferentes tipologías de encepados (9 y 16 pilotes) donde el encepado menor tendrá un coeficiente de seguridad de 1,5 aproximadamente según el tipo de terreno y el encepado de 16 pilotes tendrá un coeficiente de seguridad en torno a 3,5, también dependiendo del terreno en el que se encuentre, ya que se trata de una parcela con 3 tipologías de terreno.

3. CONCLUSIONES

3.1 CUADRO RESUMEN DE LAS DIFERENTES SOLUCIONES

Una vez analizado los diferentes tipos de soluciones se realiza un cuadro resumen que recoja las características principales de cada cimentación, su coeficiente de seguridad y el coste que supondría cada una de ellas.

CIMENTACIÓN	CARACTERÍSTICAS	COEF. SEGURIDAD	TIEMPO DE EJECUCIÓN	COSTE € (sin contrata)
P. IN SITU- LODOS	1. Contamina 2. Ejecución más complicada	1,5 o 3,5 aprox	1 pilote/día	262,82
P. BARRENA	1. Buenas condiciones medioambientales 2. Rápida ejecución 3. Alta resistencia	3	3-4 pilotes/día	88,67

Observamos claramente grandes ventajas en el nuevo tipo de pilotes propuestos en todos los aspectos expuestos (características, coeficiente de seguridad, tiempo de ejecución y coste de la cimentación), por lo cual se considera inexplicable la elección del tipo de pilotes in situ realizados con lodos utilizados en el Metropol Parasol.

3.2 CONCLUSIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Como primera conclusión de la investigación, entendemos que existe un **sobrecoste** en la obra, que limita la realización de una estación de metro, generado a través de la proyección y ejecución de una cimentación sobredimensionada, con casi 50 metros de longitud, sin ninguna ventaja en cuanto a coeficiente de seguridad, capacidad de carga, ni rapidez en la ejecución.

También se observan dentro de la misma parcela donde se va a realizar el proyecto diferentes tipologías de terrenos muy diversas, obligando en el proyecto a realizar cálculos hasta para tres tipologías diferentes de pantallas, debido a la gran diferencia entre dichos cortes del terreno.

Se realiza un análisis para encontrar **otro tipo de cimentación** que soportando la misma carga reduzca el coste de ejecución, demostrando que se ha realizado una **cimentación innecesaria**.

La seguridad de las soluciones realizada y estudiada tiene que ser la misma, o mejor solución la estudiada. En primera opción se ha reducido la longitud y sección de los pilotes, ahorrando en material, también observamos que se mantiene el mismo coeficiente de seguridad en ambas opciones y la misma capacidad de carga, soportando la estructura de “Las Setas” de la Encarnación.

En cuanto a la deformación, como ha indicado Antonio Jaramillo a lo largo del curso, son más desfavorables en la cimentación real del edificio, ya que tienen 20 metros más de longitud aproximadamente.

En resumen y como ya sabemos, es más ventajosa desde un primer momento la cimentación a partir de pilotes en barrena, por su menor coste, una ejecución más fácil y por las ventajas medioambientales que presenta respecto a una cimentación realizada con lodos bentoníticos.

3.3 DIFERENTES INVESTIGACIONES FUTURAS POSIBLES.

- Realización de la misma investigación calculando momentos.
Se realizará la misma investigación comparativa entre diferente tipos de cimentaciones calculando, con ayuda del programa informático CYPE, los momentos generados por cada tipología de cimentación,
- Comprobación del cumplimiento del CTE en el proyecto
Comprobación de la normativa de obligada cumplimentación en España ya que, como hemos visto en el análisis del proyecto, hay términos de accesibilidad que no cumplen con lo exigido.
- Investigación sobre los cálculos de materiales utilizados
Realización de una comprobación de los cálculos de anclaje y resistencia al clima de los materiales utilizados. Por ejemplo las láminas de madera de revestimiento de la estructura metálica.
- Comprobación de las deformaciones de la estructura del Metropol Parasol
Calcular la deformada que se genera en el proyecto de Las Setas, comprobando que sean admisibles o no según la normativa, ya que consecuencia de una deformada mayor a la prevista ha producido un accidente en una de las zonas del proyecto.
- Realización de programas informáticos.
Para un cálculo y comprobaciones más rápidas, nos hemos ayudado de hojas de Excel realizadas por el Catedrático Antonio Jaramillo, un nuevo TFG podría ser la ampliación de dichas hojas, complementarlas para abarcar un mayor ámbito de cálculo o incluso la realización de nuevas hojas de cálculo para otro tipo de pilotaje.
- Cimentación y sobrecoste del Mercado de Abastos de Huelva
Realización de una investigación sobre el sobrecoste y la tipología de cimentación de dicho proyecto, comprobando que exista o no exista una solución que se adapte más al terreno en el que se encuentra, disminuyendo el gasto del proyecto.

4. BIBLIOGRAFÍA

4.1 LIBROS, DOCUMENTACIÓN DEL PROYECTO, REVISTAS Y ARTÍCULOS

La bibliografía se encuentra ordenada por orden alfabético según el primer apellido del autor .

AYESA. Estudio Geotécnico del Terreno Correspondiente al solar de implantación para el Nuevo Mercado de “La Encarnación” (Sevilla); [Año 2005]

B.C.C.A. BASE DE COSTES DE LA CONSTRUCCIÓN EN ANDALUCÍA. Precios de los tipos de cimentaciones según dimensiones; [Año 2013]

BLÁZQUEZ FERNÁNDEZ, LUIS. Cimentaciones profundas (pilotes, encepados, vigas riostras y vigas ménsulas) [Vídeo] [Sin fecha]

COAS. Plaza de la Encarnación : la plaza y el laberinto : documentación de la exposición del 20 de marzo al 16 de mayo de 2003. [Año 2003]

DAVIDIAN, ZAYEN; LASSAU, PIERRE. Pilotes y cimentaciones sobre pilotes : exposición de distintos tipos de pilotes.
[Barcelona Editores Técnicos Asociados, 1977]

FERÁNDEZ GONZÁLEZ, ALBERTO. Arquitectura y urbanismo en la Sevilla ochocentista / la plaza-mercado de la Encarnación, su historia. [Libro PDF; 2009]

JARAMILLO MORILLA, ANTONIO. Clases teóricas en la optativa de Cimentaciones.
[Año 2014-2015]

JARAMILLO MORILLA, ANTONIO. Fotografías del proceso de Excavación y Cimentación y de la finalización de las obras del proyecto Metropol Parasol. [Año 2002-2010]

JARAMILLO MORILLA, ANTONIO. Hojas de cálculo de Excel para cimentaciones.
[Año 2015]

JÜRGEN MAYER. Memoria Metropol Parasol. Plaza de la encarnación de Sevilla.
PROYECTO BÁSICO. Vol. 1-4. [Año 2005]

JÜRGEN MAYER. Metropol Parasol: Plaza de la Encarnación / Conferencia en el
Antiguo Convento de Santa María de los Reyes (Sevilla).
[Archivo de ordenador del año 2006]

JÜRGEN MAYER. Planimetría Metropol Parasol. Plaza de la encarnación de Sevilla.
PROYECTO BÁSICO. (Edificación, urbanización, estructuras y construcción).
[Año 2005]

MONEO VALLÉS, JOSÉ RAFAEL. Conferencia sobre la incompatibilidad del
proyecto de Las Setas en el salón de Arquitectura. [Vídeo]

PÉREZ CARBALLO, PEDRO. Implementación informática para el cálculo de pilotes
de hormigón “in situ” según el Código Técnico de la Edificación. [Marzo de 2010]

U.T.E. MARTIN CASTILLA. Documentación del contratista sobre los informes de
cimentaciones y lodos. [Año 2005]

4.2 NORMATIVAS

AENOR. ASOCIACIÓN ESPAÑOLAS DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN.
Presentación de informes científicos y técnicos. [Año 1996]

CTE_DB_SE-AE. Documento Básico de obligado cumplimiento de Seguridad de
Estructural, Acciones de la Edificación. [Actualización 2010]

CTE_DB_SE-C. Documento Básico de obligado cumplimiento de Seguridad de
Estructural de Cimentaciones. [Actualización 2010]

CTE_DB_SUA. Documento Básico de obligado cumplimiento de Seguridad de
Utilización y Accesibilidad. [Actualización 2010]

4.3 PÁGINAS WEB Y OTROS

ANÓNIMO. Publicaciones sobre la historia de la Plaza de la Encarnación. [Blog EsaSevilla] [Publicado en el 2010]

FARIÑA, JOSÉ. “Unas Setas se comen la Encarnación”. Publicación de Urbanismo, Territorio y Paisaje en su propio Blog. [Publicación Mayo 2012]

MARMOL, CARLOS. ¿Dónde está el metro de La Encarnación?. Artículo publicado en el periódico Diario de Sevilla. [Junio de 2010]

REYES RINCÓN. Reportaje: polémica urbanística en Sevilla. “Los problemas crecen bajo Las Setas. Artículo en el periódico El País [Publicación Julio de 2010]

TAPIA, CARLOS. *Profesor ETSA Sevilla. Dpto Historia, Teoría y Composición Arquitectónica.* Publicación en La Ciudad Viva. Revisitar La Plaza de la Encarnación dos años después de la finalización de sus obras. [Publicación Julio de 2013]

Página web de “Las Setas de Sevilla”. Información del proyecto, del uso actual y de la forma de ejecución de sus obras. [<http://www.setasdesevilla.com>]

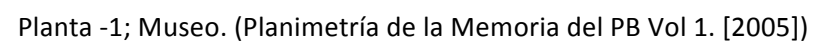
Wikipedia y Arquipedia. Utilización para aclaración de conceptos teóricos

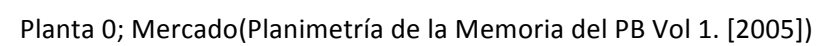
Apuntes de Cimentaciones. Utilización para aclaración de conceptos teóricos-prácticos. [Año 2013-2015]

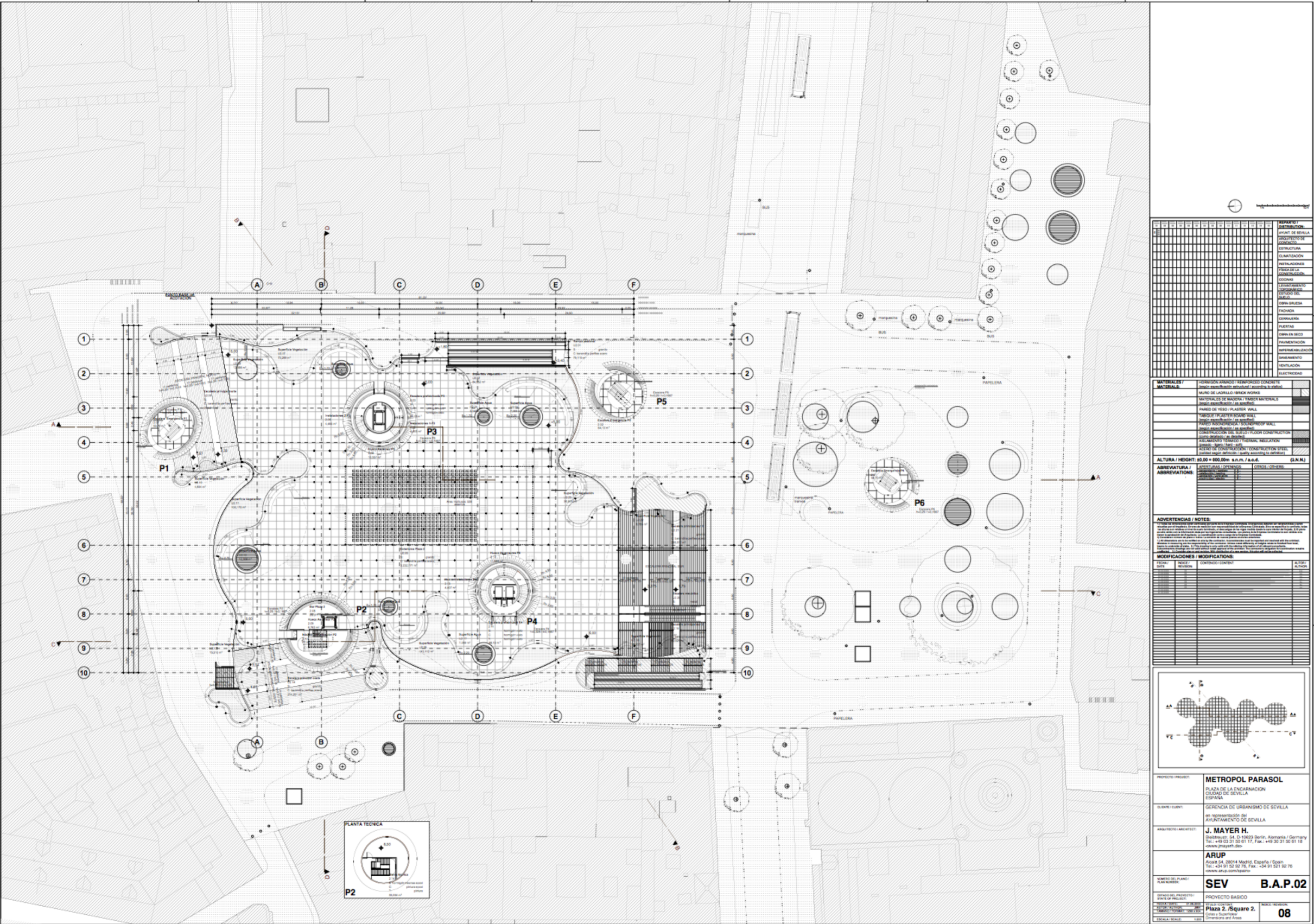
Otros Blog de Arquitectura y artículos de periódico mostrado en imágenes en el trabajo. (La Urbana, ABCdesevilla, 20 Minutos, etc.)

[illegible]

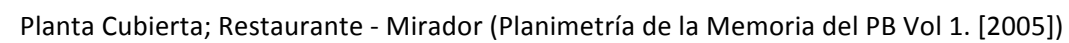
QUINTERO RODRÍGUEZ, ELENA

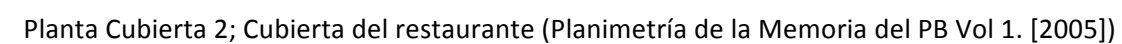






Planta 1; Plaza(Planimetría de la Memoria del PB Vol 1. [2005])





ALZADO NORTE

ALZADO SUR

PROYECTO: METROPOL PARASOL

CLIENTE: AYUNTAMIENTO DE SEVILLA

ARQUITECTO: J. MAYER H.

ARUP

SEV B.A.A.N.S

PROYECTO BASICO

ALZADO NORTE/SUR

05







Anejo B. HOJAS DE CÁLCULO

Cálculo de cargas para encepados de 9 pilotes

PROGRAMA DE CÁLCULO DEL REPARTO DE CARGAS ENTRE MICROPILOTES O PILOTES v.1.1					
Autor:					
TRABAJO: CIMENTACION ENCEPADO DE 16 PILOTES METROPOL PARASOL					
SITUACIÓN: PLAZA DE LA ENCARNACIÓN					
LOCALIDAD: Sevilla					
FECHA: 26/10/15					
CARGAS					
Mx (kN/m)	0,0				
My (kN/m)	52093,2				
P (kN)	34728,8				
EXCENTRICIDAD DE CARGA					
$X_p = + M_y / P$ (m)		1,5000			
$Y_p = - M_x / P$ (m)		0,0000			
Nº MICROPILOTES (<=16) 9					
MICROPILOTES: COORDENADAS (coordenadas respecto a eje de pilar)			(coordenadas respecto a baricentro de micropilotes)		MICROPILOTES: CARGAS (kN)
Nº	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	
1	-3,00	3,00	-3,00	3,00	964,7
2	0,00	3,00	0,00	3,00	3858,8
3	3,00	3,00	3,00	3,00	6752,8
4	-3,00	0,00	-3,00	0,00	964,7
5	0,00	0,00	0,00	0,00	3858,8
6	3,00	0,00	3,00	0,00	6752,8
7	-3,00	-3,00	-3,00	-3,00	964,7
8	0,00	-3,00	0,00	-3,00	3858,8
9	3,00	-3,00	3,00	-3,00	6752,8
	0,00	0,00	54,00	54,00	34728,8
BARICENTRO DE MICROPILOTES (respecto a eje de pilar)					
$X_g = \sum X / N$ (m)	0,0000				
$Y_g = \sum Y / N$ (m)	0,0000				
EXCENTRICIDAD DE CARGA RESPECTO A BARICENTRO DE MICROPILOTES					
$X_e = X_p - X_g$ (m)		1,5000			
$Y_e = Y_p - Y_g$ (m)		0,0000			

Cálculo de cargas para encepados de 16 pilotes

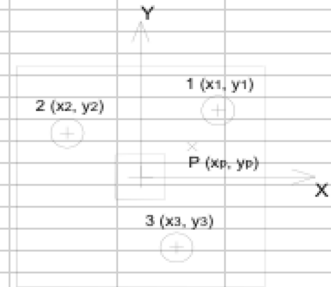
PROGRAMA DE CÁLCULO DEL REPARTO DE CARGAS ENTRE MICROPILOTES O PILOTES v.1.1					
Autor:					
TRABAJO:	CIMENTACIÓN ENCEPADO DE 16 PILOTES METROPOL PARASOL				
SITUACIÓN:	PLAZA DE LA ENCARNACIÓN				
LOCALIDAD:	Sevilla				
FECHA:	31/07/15				

CARGAS		EXCENTRICIDAD DE CARGA	
Mx (kN/m)	9261,0	$X_p = + M_y / P$ (m)	0,0000
My (kN/m)	0,0	$Y_p = - M_x / P$ (m)	-0,2000
P (kN)	46305,0		

Nº MICROPILOTES (<=16)	16
------------------------	----

MICROPILOTES: COORDENADAS (coordenadas respecto a eje de pilar)			(coordenadas respecto a baricentro de micropilotes)		MICROPILOTES: CARGAS (kN)
Nº	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	
1	-4,50	4,50	-4,50	4,50	2683,6
2	-2,25	4,50	-2,25	4,50	2683,6
3	0,00	4,50	0,00	4,50	2683,6
4	2,25	4,50	2,25	4,50	2683,6
5	4,50	4,50	4,50	4,50	2683,6
6	-4,50	1,50	-4,50	1,50	2823,9
7	-1,50	1,50	-1,50	1,50	2823,9
8	0,00	1,50	0,00	1,50	2823,9
9	4,50	1,50	4,50	1,50	2823,9
10	-4,50	-1,50	-4,50	-1,50	2964,2
11	-1,50	-1,50	-1,50	-1,50	2964,2
12	4,50	-1,50	4,50	-1,50	2964,2
13	-4,50	-4,50	-4,50	-4,50	3104,5
14	-1,50	-4,50	-1,50	-4,50	3104,5
15	1,50	-4,50	1,50	-4,50	3104,5
16	4,50	-4,50	4,50	-4,50	3104,5
	-3,00	6,00	181,13	198,00	46024,4

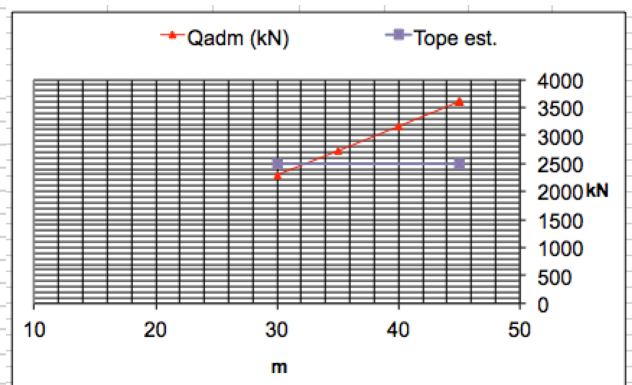
BARICENTRO DE MICROPILOTES (respecto a eje de pilar)		EXCENTRICIDAD DE CARGA RESPECTO A BARICENTRO DE MICROPILOTES	
$X_g = \Sigma X / N$ (m)	0,0000	$X_e = X_p - X_g$ (m)	0,0000
$Y_g = \Sigma Y / N$ (m)	0,0000	$Y_e = Y_p - Y_g$ (m)	-0,2000



Tope estructural para un **corte de terreno general** (generado a partir de las cotas más generales de estratos de terreno en la parcela)

CARGA ADMISIBLE DE UN PILOTE DE HORMIGON BASADA EN ENSAYOS IN SITU Y c _u										CTE DB SE-C
J. M. SÁNCHEZ LANGEER - A. JARAMILLO MORILLA										
PILOTES MAIRENA		SOLUCION ARUB		SONDEOS 1-2-6						
Pilote										
Forma pilote C (cuad.) R (circular) P (pantalla)	Lado (cuadrado) o D (circular)	Long. Pantalla (solo P)	d eqi (m)	Area (m2)	Perimetro (m)	L max (m)	L min (m)	ΔL (m)	Hindo./Exdo. E	
R	1,00	0,00	1,00	0,79	3,14	45	30	5	E	
Terreno									qs	
Descripción	CIG/GWP/GMC	zinf. (m)	qc (kPa)	fs (kPa)	qu (kPa)	N	N*	Arena	Arcilla	
RELLENO	G	7,00			0,00	0	0	0,00	0,00	
ARCILLA 1	C	11,00			110,00		0	0,00	35,48	
ARENA 2	G	20,00			0,00	14	14	17,50	0,00	
ZAHORRA	G	23,00			0,00	50	50	62,50	0,00	
MARGAS	C	80,00			1000,00		0	0,00	83,33	
MARGAS	C	80,00			1000,00		0	0,00	83,33	
L (m)	Punta en	qp (kPa)	Qp (kN)	Qs (kN)	Qadm (kN)	ALFA	Si			
30,00	C	4500,00	3534,29	3362,35	2298,88	0,76	0,02800	0,1705171		
35,00	C	4500,00	3534,29	4671,35	2735,21	0,72	0,02894	0,1481227		
40,00	C	4500,00	3534,29	5980,34	3171,54	0,69	0,03000	0,1324441		
45,00	C	4500,00	3534,29	7289,34	3607,88	0,66	0,03119	0,1210448		
45,00	C	4500,00	3534,29	7289,34	3607,88	0,66	0,03119	0,1210448		
45,00	C	4500,00	3534,29	7289,34	3607,88	0,66	0,03119	0,1210448	GWP	
45,00	C	4500,00	3534,29	7289,34	3607,88	0,66	0,03119	0,1210448	GMC	
45,00	C	4500,00	3534,29	7289,34	3607,88	0,66	0,03119	0,1210448		
45,00	C	4500,00	3534,29	7289,34	3607,88	0,66	0,03119	0,1210448		
45,00	C	4500,00	3534,29	7289,34	3607,88	0,66	0,03119	0,1210448		
45,00	C	4500,00	3534,29	7289,34	3607,88	0,66	0,03119	0,1210448		

L fuera ter	Encepado (m)	HA (N/mm ²)	E (kPa)
0	0	25	22135943,62
qp			
qs (kPa)	Arena	Arcilla	qp (kPa)
0,00	0,00	0,00	0,00
35,48	0,00	495,00	495,00
17,50	2800,00	0,00	2800,00
62,50	10000,00	0,00	10000,00
83,33	0,00	4500,00	4500,00
83,33	0,00	4500,00	4500,00
Coefs. de seguridad			
Fp			Fs
3			3
qs (kPa)			qp (kPa)
100			12000
51			10000



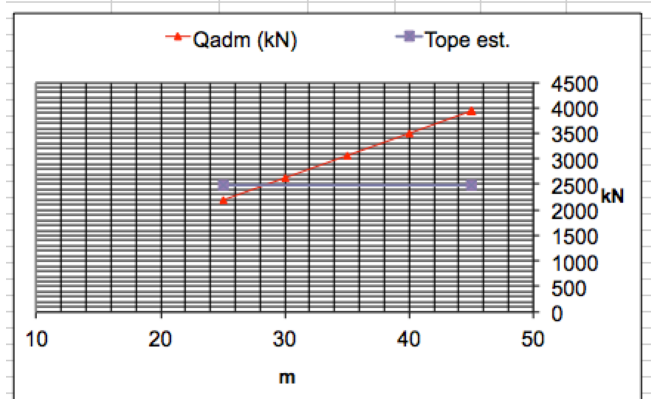
Tope estructural para el **Sondeo 1**

CARGA ADMISIBLE DE UN PILOTE DE HORMIGÓN BASADA EN ENSAYOS IN SITU Y c_u **CTE DB SE-C**

J. M. SÁNCHEZ LANGEER - A. JARAMILLO MORILLA

PILOTES MAIRENA		SOLUCION ARUB		SONDEOS 1-2-6					
Pilote									
Forma pilote C (cuad.) R (circular) P (pantalla)	Lado (cuadrado) o D (circular)	Long. Pantalla (solo P)	d eqi (m)	Area (m2)	Perimetro (m)	L max (m)	L min (m)	ΔL (m)	Hindo./Exdo.
R	1,00	0,00	1,00	0,79	3,14	45	25	5	E
Terreno									qs
Descripción	C/G/GWP/GMC	zinf. (m)	qc (kPa)	fs (kPa)	qu (kPa)	N	N*	Arena	Arcilla
RELLENO	G	7,90			0,00	0	0	0,00	0,00
ARCILLA	C	11,80			100,00		0	0,00	33,33
ZAHORRAS	G	15,90			0,00	50	50	62,50	0,00
ARENA	G	18,60			0,00	14	14	17,50	0,00
ZAHORRAS	G	18,80			0,00	50	50	62,50	0,00
MARGAS	C	80,00			1000,00		0	0,00	83,33
L (m)	Punta en	qp (kPa)	Qp (kN)	Qs (kN)	Qadm (kN)	ALFA	Si		
25,00	C	4500,00	3534,29	3024,31	2186,20	0,77	0,02742	0,1755853	
30,00	C	4500,00	3534,29	4333,30	2622,53	0,72	0,02828	0,150964	
35,00	C	4500,00	3534,29	5642,30	3058,86	0,69	0,02926	0,1339412	
40,00	C	4500,00	3534,29	6951,30	3495,20	0,67	0,03038	0,1216713	
45,00	C	4500,00	3534,29	8260,29	3931,53	0,65	0,03161	0,1125717	
45,00	C	4500,00	3534,29	8260,29	3931,53	0,65	0,03161	0,1125717	GWP
45,00	C	4500,00	3534,29	8260,29	3931,53	0,65	0,03161	0,1125717	GMC
45,00	C	4500,00	3534,29	8260,29	3931,53	0,65	0,03161	0,1125717	
45,00	C	4500,00	3534,29	8260,29	3931,53	0,65	0,03161	0,1125717	
45,00	C	4500,00	3534,29	8260,29	3931,53	0,65	0,03161	0,1125717	
45,00	C	4500,00	3534,29	8260,29	3931,53	0,65	0,03161	0,1125717	

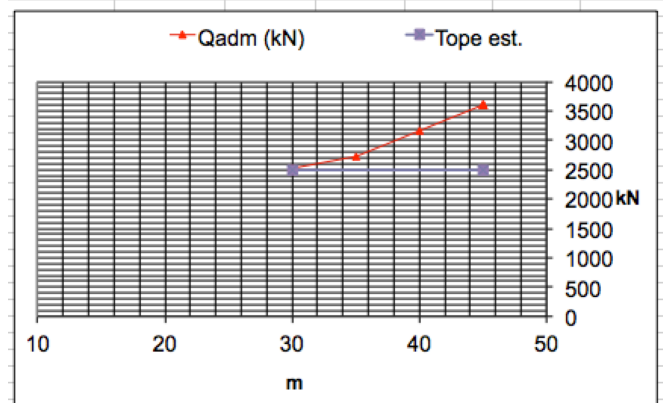
L fuera ter	Encepado (m)	HA (N/mm2)	E (kPa)
0	0	25	22135943,62
qp			
qs (kPa)	Arena	Arcilla	qp (kPa)
0,00	0,00	0,00	0,00
33,33	0,00	450,00	450,00
62,50	10000,00	0,00	10000,00
17,50	2800,00	0,00	2800,00
62,50	10000,00	0,00	10000,00
83,33	0,00	4500,00	4500,00
Coefs. de seguridad			
Fp			Fs
3			3
qs (kPa)			qp (kPa)
100			12000
51			10000



Tope estructural para el **Sondeo 2**

CARGA ADMISIBLE DE UN PILOTE DE HORMIGÓN BASADA EN ENSAYOS IN SITU Y c _u									
CTE DB SE-C									
J. M. SÁNCHEZ LANGEER - A. JARAMILLO MORILLA									
PILOTES MAIRENA		SOLUCION ARUB		SONDEOS 1-2-6					
Pilote									
Forma pilote C (cuad.) R (circular) P (pantalla)	Lado (cuadrado) o D (circular)	Long. Pantalla (solo P)	d eqi (m)	Area (m2)	Perímetro (m)	L max (m)	L min (m)	ΔL (m)	Hindo./Exdo.
R	1,00	0,00	1,00	0,79	3,14	45	30	5	E
Terreno									qs
Descripción	C/G/GWP/GMC	zinf. (m)	qc (kPa)	fs (kPa)	qu (kPa)	N	N*	Arena	Arcilla
RELLENO	G	6,00			0,00	0	0	0,00	0,00
ARCILLA	C	9,90			100,00		0	0,00	33,33
ARENA	G	19,10			0,00	14	14	17,50	0,00
ZAHORRAS	G	26,00			0,00	50	50	62,50	0,00
MARGAS	C	80,00			1000,00		0	0,00	83,33
MARGAS	C	80,00			1000,00		0	0,00	83,33
L (m)	Punta en	qp (kPa)	Qp (kN)	Qs (kN)	Qadm (kN)	ALFA	Si		
30,00	C	5416,67	4254,24	3316,21	2523,48	0,78	0,02840	0,157564	
35,00	C	4500,00	3534,29	4625,21	2719,83	0,72	0,02892	0,1488805	
40,00	C	4500,00	3534,29	5934,21	3156,17	0,69	0,02999	0,133011	
45,00	C	4500,00	3534,29	7243,20	3592,50	0,66	0,03117	0,1214854	
45,00	C	4500,00	3534,29	7243,20	3592,50	0,66	0,03117	0,1214854	
45,00	C	4500,00	3534,29	7243,20	3592,50	0,66	0,03117	0,1214854	GWP
45,00	C	4500,00	3534,29	7243,20	3592,50	0,66	0,03117	0,1214854	GMC
45,00	C	4500,00	3534,29	7243,20	3592,50	0,66	0,03117	0,1214854	
45,00	C	4500,00	3534,29	7243,20	3592,50	0,66	0,03117	0,1214854	
45,00	C	4500,00	3534,29	7243,20	3592,50	0,66	0,03117	0,1214854	
45,00	C	4500,00	3534,29	7243,20	3592,50	0,66	0,03117	0,1214854	

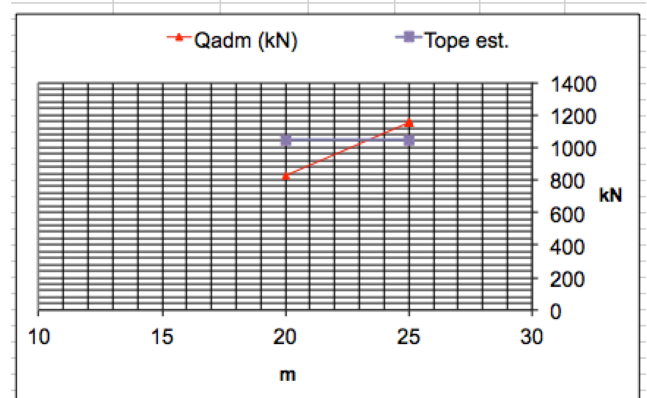
L fuera ter	Encepado (m)	HA (N/mm ²)	E (kPa)
0	0	25	22135943,62
qp			
qs (kPa)	Arena	Arcilla	qp (kPa)
0,00	0,00	0,00	0,00
33,33	0,00	450,00	450,00
17,50	2800,00	0,00	2800,00
62,50	10000,00	0,00	10000,00
83,33	0,00	4500,00	4500,00
83,33	0,00	4500,00	4500,00
Coefs. de seguridad			
Fp			Fs
3			3
qp (kPa)			
100			12000
51			10000



Tope estructural para los nuevos pilotes de barrena_Sondeo 1

CARGA ADMISIBLE DE UN PILOTE DE HORMIGÓN BASADA EN ENSAYOS IN SITU Y c _u										CTE DB SE-C	
J. M. SÁNCHEZ LANGEBER - A. JARAMILLO MORILLA											
PILOTES MAIRENA		SOLUCION ARUB		SONDEOS 1-2-6							
Pilote											
Forma pilote C (cuad.) R (circular) P (pantalla)	Lado (cuadrado) o D (circular)	Long. Pantalla (solo P)	d eqi (m)	Area (m2)	Perimetro (m)	L max (m)	L min (m)	ΔL (m)	Hindo./Exdo		
R	0,65	0,00	0,65	0,33	2,04	25	20	5	E		
Terreno											
Descripción	C/G/W/P/GMC	zinf. (m)	qc (kPa)	fs (kPa)	qu (kPa)	N	N*	Arena	Arcilla	qs	
RELLENO	G	7,90			0,00	0	0	0,00	0,00		
ARCILLA	C	11,80			100,00		0	0,00	33,33		
ZAHORRAS	G	15,90			0,00	50	50	62,50	0,00		
ARENA	G	18,60			0,00	14	14	17,50	0,00		
ZAHORRAS	G	18,80			0,00	50	50	62,50	0,00		
MARGAS	C	80,00			1000,00		0	0,00	83,33		
L (m)	Punta en	qp (kPa)	Qp (kN)	Qs (kN)	Qadm (kN)	ALFA	Si				
20,00	C	4096,15	1359,23	1114,95	824,73	0,77	0,01799	0,3053791			
25,00	C	4500,00	1493,24	1965,80	1153,01	0,72	0,01906	0,2314185			
25,00	C	4500,00	1493,24	1965,80	1153,01	0,72	0,01906	0,2314185			
25,00	C	4500,00	1493,24	1965,80	1153,01	0,72	0,01906	0,2314185			
25,00	C	4500,00	1493,24	1965,80	1153,01	0,72	0,01906	0,2314185			
25,00	C	4500,00	1493,24	1965,80	1153,01	0,72	0,01906	0,2314185			
25,00	C	4500,00	1493,24	1965,80	1153,01	0,72	0,01906	0,2314185			GWP
25,00	C	4500,00	1493,24	1965,80	1153,01	0,72	0,01906	0,2314185			GMC
25,00	C	4500,00	1493,24	1965,80	1153,01	0,72	0,01906	0,2314185			
25,00	C	4500,00	1493,24	1965,80	1153,01	0,72	0,01906	0,2314185			
25,00	C	4500,00	1493,24	1965,80	1153,01	0,72	0,01906	0,2314185			
25,00	C	4500,00	1493,24	1965,80	1153,01	0,72	0,01906	0,2314185			
25,00	C	4500,00	1493,24	1965,80	1153,01	0,72	0,01906	0,2314185			

L fuera ter	Encepado (m)	HA (N/mm2)	E (kPa)
0	0	25	22135943,62
qp			
qs (kPa)	Arena	Arcilla	qp (kPa)
0,00	0,00	0,00	0,00
33,33	0,00	450,00	450,00
62,50	10000,00	0,00	10000,00
17,50	2800,00	0,00	2800,00
62,50	10000,00	0,00	10000,00
83,33	0,00	4500,00	4500,00
Coefs. de seguridad			
Fp			Fs
3			3
qs (kPa)			qp (kPa)
100			12000
51			10000



Tope estructural para los nuevos pilotes de barrena_Sondeo 2

CARGA ADMISIBLE DE UN PILOTE DE HORMIGÓN BASADA EN ENSAYOS IN SITU Y c _u									
CTE DB SE-C									
J. M. SÁNCHEZ LANGEBER - A. JARAMILLO MORILLA									
PILOTES MAIRENA		SOLUCION ARUB		SONDEOS 1-2-6					
Pilote									
Forma pilote C (cuad.) R (circular) P (pantalla)	Lado (cuadrado) o D (circular)	Long. Pantalla (solo P)	d eqi (m)	Area (m2)	Perimetro (m)	L max (m)	L min (m)	ΔL (m)	Hindo./Exdo.
R	0,65	0,00	0,65	0,33	2,04	25	19	5	E
Terreno								qs	
Descripción	C/G/GWP/GMC	zinf. (m)	qc (kPa)	fs (kPa)	qu (kPa)	N	N*	Arena	Arcilla
RELLENO	G	6,00			0,00	0	0	0,00	0,00
ARCILLA	C	9,90			100,00		0	0,00	33,33
ARENA	G	19,10			0,00	14	14	17,50	0,00
ZAHORRAS	G	26,00			0,00	50	50	62,50	0,00
MARGAS	C	80,00			1000,00		0	0,00	83,33
MARGAS	C	80,00			1000,00		0	0,00	83,33
L (m)	Punta en	qp (kPa)	Qp (kN)	Qs (kN)	Qadm (kN)	ALFA	Si		
19,00	G	6215,38	2062,46	590,66	884,37	0,89	0,01828	0,289427	
24,00	G	10000,00	3318,31	1219,61	1512,64	0,87	0,02053	0,1899956	
25,00	G	8660,26	2873,74	1347,23	1406,99	0,84	0,02027	0,2017374	
25,00	G	8660,26	2873,74	1347,23	1406,99	0,84	0,02027	0,2017374	
25,00	G	8660,26	2873,74	1347,23	1406,99	0,84	0,02027	0,2017374	
25,00	G	8660,26	2873,74	1347,23	1406,99	0,84	0,02027	0,2017374	GWP
25,00	G	8660,26	2873,74	1347,23	1406,99	0,84	0,02027	0,2017374	GMC
25,00	G	8660,26	2873,74	1347,23	1406,99	0,84	0,02027	0,2017374	
25,00	G	8660,26	2873,74	1347,23	1406,99	0,84	0,02027	0,2017374	
25,00	G	8660,26	2873,74	1347,23	1406,99	0,84	0,02027	0,2017374	
25,00	G	8660,26	2873,74	1347,23	1406,99	0,84	0,02027	0,2017374	
25,00	G	8660,26	2873,74	1347,23	1406,99	0,84	0,02027	0,2017374	

L fuera ter	Encepado (m)	HA (N/mm2)	E (kPa)
0	0	25	22135943,62
qp			
qs (kPa)	Arena	Arcilla	qp (kPa)
0,00	0,00	0,00	0,00
33,33	0,00	450,00	450,00
17,50	2800,00	0,00	2800,00
62,50	10000,00	0,00	10000,00
83,33	0,00	4500,00	4500,00
83,33	0,00	4500,00	4500,00
Coefs. de seguridad			
Fp			Fs
3			3
qs (kPa)			qp (kPa)
100			12000
51			10000

